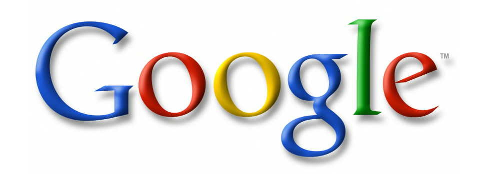
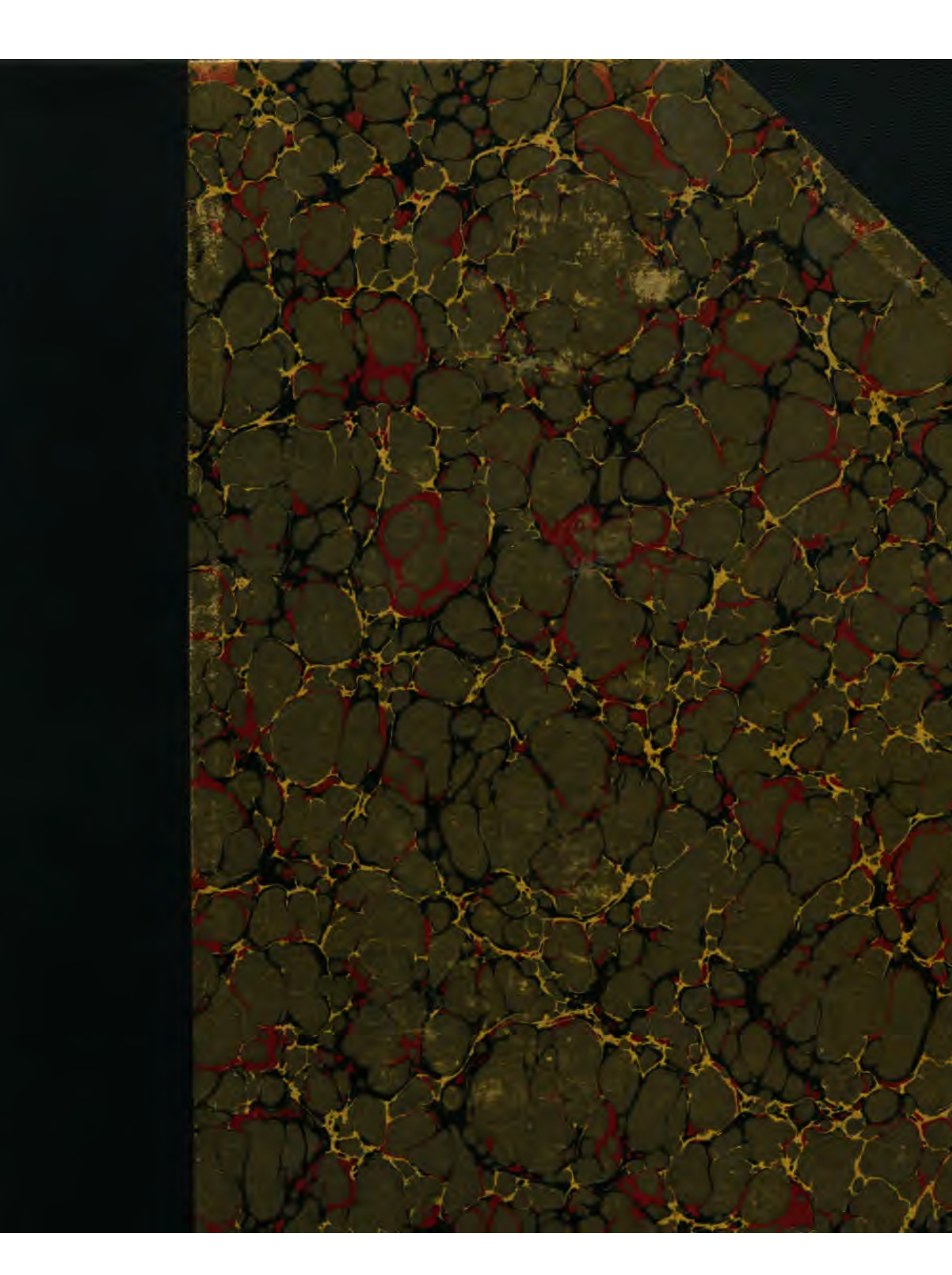
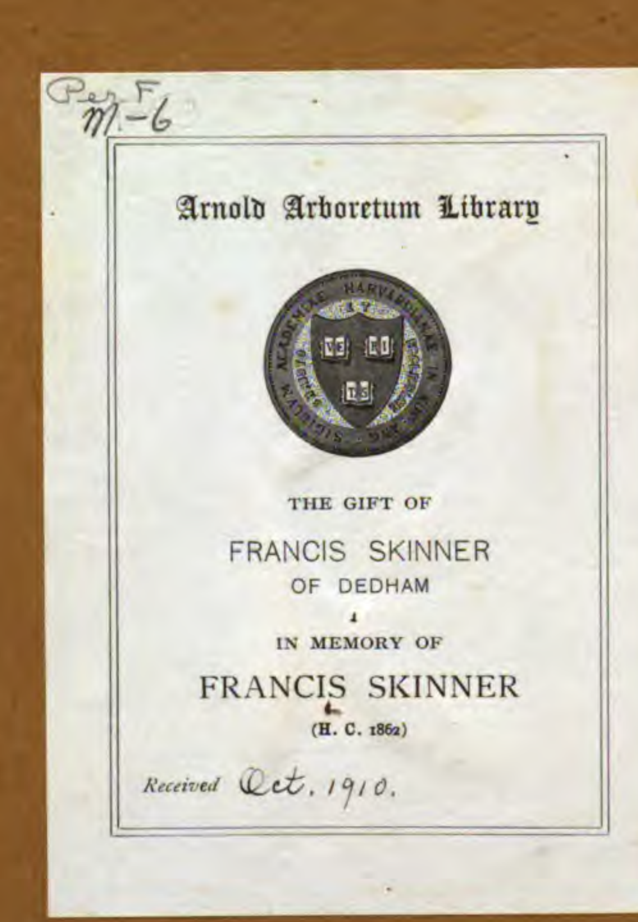
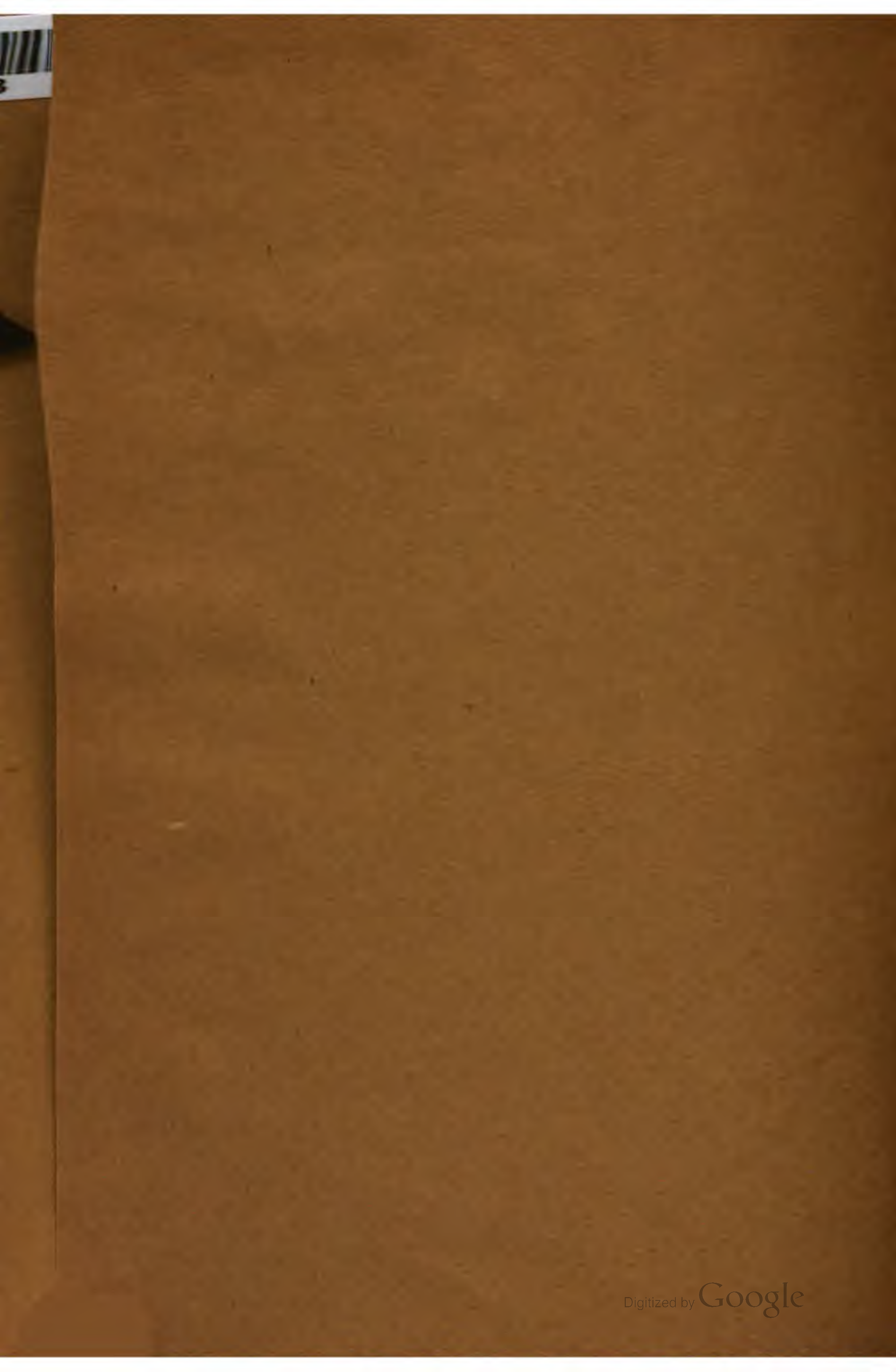

Google




3 2044 106 332 034


Per F
M.-6
Arnold Arboretum Library
THE GIFT OF
FRANCIS SKINNER
OF DEDHAM
IN MEMORY OF
FRANCIS SKINNER
(H. C. 1862)
Received Oct. 1910.



MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES

DE

L'ÉCOLE NATIONALE D'AGRICULTURE DE MONTPELLIER

TOME VIII.

8[e] et 9[e] ANNÉES. — 1893-1894.

MONTPELLIER

CAMILLE COULET, LIBRAIRE-ÉDITEUR

5, GRAND'RUE 5.

1895

ANNALES

DE

L'ÉCOLE NATIONALE D'AGRICULTURE

DE MONTPELLIER

MONTPELLIER, TYPOGRAPHIE ET LITHOGRAPHIE CHARLES BOEHM.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES

DE

L'ÉCOLE NATIONALE D'AGRICULTURE
DE MONTPELLIER

TOME VIII.

8e et 9e ANNÉES. — 1893-1894.

MONTPELLIER

CAMILLE COULET, LIBRAIRE-ÉDITEUR

5, GRAND'RUE 5.

1895

ÉTUDE HISTOLOGIQUE

DE LA

SÉCRÉTION DU LAIT

Par le Dr **DUCLERT**, Professeur de Zootechnie.

INTRODUCTION

L'épithélium de la glande mammaire a déjà été l'objet de nombreux travaux, mais bien des détails de sa structure ont échappé aux auteurs qui n'ont pas employé les belles méthodes que la technique histologique actuelle met à notre disposition.

Aussi, nous a-t-il semblé utile de reprendre l'étude des cellules épithéliales de la mamelle, qui subissent des transformations multiples et le plus souvent assez compliquées. Si avant la conception et pendant la gestation elles se modifient peu, il n'en est plus de même lors de la sécrétion du colostrum. Il se produit alors dans le protoplasme des phénomènes importants qui aboutissent à la formation des corpuscules du colostrum, dont l'origine est encore très discutée par tous les auteurs qui nous ont précédé. Leur présence est cependant facile à expliquer et nous nous proposons de le démontrer ultérieurement.

Pendant la lactation, les cellules deviennent volumineuses, contiennent de la graisse et donnent finalement naissance à certains principes contenus dans le lait. Ces faits sont généralement admis par les histologistes, mais le processus suivant lequel ils s'effectuent est encore l'objet de vives discussions. Afin de résoudre définitivement cette question, nous nous sommes efforcé de représenter dans nos planches tous les phénomènes qui se passent alors dans l'épithélium.

La glande mammaire entre enfin en régression après le sevrage et ses cellules reprennent progressivement les formes qu'elles avaient

dans la glande au repos. Leur étude nous a alors paru aussi intéressante que peu compliquée.

Nous avons aussi abordé le sujet si difficile de l'innervation de la mamelle. La recherche des fibres sécrétoires, que les physiologistes n'admettent guère, nous a surtout préoccupé et, après avoir pratiqué l'excitation des nerfs de plusieurs sortes d'animaux, leur existence nous paraît être fort problématique.

Ce travail a pu être facilement exécuté grâce à l'obligeance de M. Foëx, directeur de l'Ecole Nationale d'Agriculture, qui, avec le plus grand empressement, a mis à notre disposition tout le matériel dont nous avions besoin. Nous le remercions ici de l'intérêt qu'il a sans cesse porté à nos recherches.

M. Viala, professeur à l'Institut agronomique et quelques autres de nos amis ont consenti à nous prêter leur dévoué concours pour l'exécution de nos planches; nous leur exprimons nos plus vifs sentiments de gratitude.

TECHNIQUE

Nos études sur l'épithélium de la glande mammaire ont été exécutées avec la femelle du cobaye, la lapine, la chienne, la brebis et la vache.

Les pièces ont été prélevées sur 50 animaux et fixées par les liquides de Roule, de Flemming et d'Altmann.

Le liquide fixateur employé par Altmann[1] pour la recherche des granulations dans le protoplasme n'est pas très connu, et il nous a paru utile d'en donner la formule. Il est composé de volumes égaux d'une solution d'acide osmique à 2 °/₀ et d'une autre solution de bichromate de potasse à 5 °/₀.

Les pièces sortant des liquides de Flemming et d'Altmann ont été lavées dans l'eau courante et traitées successivement par la série des alcools, pour obtenir leur déshydratation. Ensuite, elles ont été plongées dans un mélange composé de 2/3 de

[1] R. Altmann; *Die Elementarorganismen und ihre Beziehungen zu den Zellen*. Leipzig, 1890.

toluène et de 1/3 d'alcool absolu et finalement dans le toluène pur ; après un séjour de quelques heures dans une solution saturée de paraffine, elles ont été portées à l'étuve à 50°.

Les objets fixés par la liqueur de Roule, après avoir été lavés soigneusement dans l'alcool, ont subi le même traitement que ceux qui précèdent.

Les coupes prélevées sur le rasoir du microtome de Dumaige ont été fixées sur les lamelles soit avec la colle histologique fabriquée avec de l'albumine, soit en utilisant le procédé d'Altmann, qui est fort recommandable, car il ménage fort bien tous les éléments cellulaires et particulièrement les karyomitoses.

Dans ce dernier procédé, on verse sur le porte-objet un mélange de 1 partie de traumaticine avec 25 parties de chloroforme et on fait égoutter. Après l'évaporation du chloroforme, la lamelle est portée à une température assez élevée, les coupes sont alors disposées sur cette lamelle et enduites avec un pinceau d'une solution de coton poudre dans l'acétone et l'alcool. Cette solution est composée de

Coton poudre.............	2 gram.
Acétone..................	50 centim. cubes.

5 centim. cubes de cette solution primitive sont étendus avec 20 centim. cubes d'alcool.

Les coupes sont ensuite légèrement comprimées avec du papier à filtrer et, après dessiccation, sont définitivement fixées par la chaleur.

Pour la coloration des pièces fixées avec le sublimé, nous avons employé une matière colorante, l'hématéine, dont notre ami, le Dr Borrel, a bien voulu nous indiquer la préparation.

On fait une solution avec

Hématéine...............	1 gram.
Alcool absolu.............	10 centim. cubes.

On la verse dans de l'eau bouillante contenant 50 gram. d'alun de potasse. Une belle coloration violette apparaît, et le liquide ainsi obtenu peut être utilisé de suite. Il colore uniquement les

noyaux, et sa conservation parfaite le rend très précieux.

La solution de safranine dans l'eau anilinée nous a constamment fourni de bons résultats, et nous l'avons utilisée de préférence à tous les autres colorants pour les objets fixés par la liqueur de Flemming. Ce fixateur nous a paru être, pour l'étude de la mamelle, incontestablement supérieur au sublimé, et toutes les figures des planches de ce travail ont été dessinées d'après des coupes traitées par ce liquide.

L'alcool légèrement jauni par l'acide picrique nous a servi à enlever l'excès de coloration des coupes colorées à la safranine.

Pour la coloration des granulations du protoplasme, nous avons utilisé la méthode d'Altmann, que Steinhaus[1] recommande dans son très intéressant travail sur la *Morphologie de la sécrétion du lait*. La solution colorante est préparée en faisant dissoudre 20 gram. de fuchsine acide dans 100 centim. cubes d'eau saturée à froid d'huile d'aniline. Quelques gouttes de cette solution sont versées sur les coupes collées sur le porte-objet, que l'on passe ensuite sur la flamme jusqu'à ce que sa face inférieure soit légèrement chaude et que quelques vapeurs s'échappent de la surface du liquide. Après refroidissement, le liquide colorant est chassé avec une solution picrique obtenue en mélangeant un volume d'une solution concentrée d'acide picrique dans l'alcool avec deux volumes d'eau, et, cela fait, une nouvelle quantité de la liqueur picrique est versée sur le porte-objet et chauffée légèrement afin d'obtenir une décoloration suffisante.

La durée du chauffage, la température à atteindre, ne peuvent être indiquées exactement; l'exercice et l'expérience permettront seulement d'obtenir de bonnes préparations. Il faut en tous cas s'efforcer de ne colorer en rouge que les granulations; tous les autres éléments de la cellule doivent être jaunes. Si ce but est atteint, les coupes sont alors lavées par l'alcool pour chasser l'acide picrique, puis par le toluène et enfin enduites de résine Damar.

[1] Steinhaus; *Die Morphologie der Milchabsonderung*. Archiv für Anat. und Physiol. von Du Bois-Reymond. Supplement-Band. Leipzig, 1892.

La résine Damar et le toluène ont le grand inconvénient de dissoudre les globules noirs obtenus par la réduction de l'acide osmique par la graisse. Pour éviter cette action, qui est particulièrement gênante dans une étude sur la mamelle, il est avantageux de recouvrir les coupes avec de la paraffine liquide ou avec de la résine Damar un peu consistante, que l'on fait fondre en la chauffant sur la flamme. Grâce à cette précaution, les gouttelettes graisseuses gardent indéfiniment leur coloration.

PREMIÈRE PARTIE

DÉVELOPPEMENT DE L'ÉPITHÉLIUM MAMMAIRE.

Il ne nous a pas paru utile, après les études si belles et si complètes de Gegenbaur [1], Huss [2], Kölliker [3], Langer [4], Klaatsch [5], Rein [6] et Talma [7], de refaire l'histoire du développement de la mamelle.

O. Hertwig [8], dans son livre d'embryologie, a fort bien résumé

[1] C. Gegenbaur ; *Bemerkungen über die Milchdrüsen papillen der Säugethiere.* Jen. Zeitschr. Band VII, 1873.

— *Zur genaueren Kenntniss der Zitzen der Säugethiere.* Morphol. Jahrb. Band I, 1875.

[2] Huss ; *Beiträge zur Entwicklung der Milchdrüsen bei Menschen und bei Wiederkäuern.* Jen. Zeitschr. Band VII, 1873.

[3] Kölliker ; *Beiträge zur Kenntniss der Brustdrüse.* Wurzburg. Verhandl. Band XIX, 1879.

[4] C. Langer ; *Ueber den Bau und die Entwicklung der Milchdrüsen.* Denkschrift der K. Acad. d. Wiss. Wien. Band III, 1851.

[5] H. Klaatsch ; *Zur Morphologie der Säugethiere Zitzen.* Morphol. Jahr. Band IX, 1884.

[6] Rein ; *Untersuchungen über die embryonale Entwicklungsgeschichte der Milchdrüse.* Arch. für mikrosk. Anat. Band XX et XXI, 1882.

[7] Talma ; *Beitrag zur Histogenese der weiblichen Brustdrüse.* Archiv für mikrosk. Anat. Band XX, 1882.

[8] O. Hertwig ; *Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Wirbelthiere,* 1888.

les conclusions auxquelles ces auteurs sont arrivés, et nous ne pouvons mieux faire que de renvoyer le lecteur à ce précieux traité.

Il faut cependant faire remarquer que les glandes mammaires sont morphologiquement très proches parents des glandes sébacées et dérivent, comme ces dernières, du feuillet ectodermique.

Vers la fin du deuxième mois, chez la femme, il se forme un bourgeon épidermique épais, par suite de la multiplication des cellules du corps de Malpighi. Ce bourgeon s'enfonce dans le derme et de sa face profonde partent des prolongements multiples qui pénètrent dans le tissu conjonctif. Ces prolongements émettent encore quelques bourgeons secondaires et à la naissance tout l'ensemble ne représente qu'un rudiment de mamelle, n'ayant que des conduits excréteurs se terminant par de simples renflements.

Ultérieurement, à la puberté et pendant la gestation, les conduits excréteurs bourgeonneront activement et donneront naissance à de nombreux acini, et la glande mammaire aura alors acquis son développement complet.

Malgré leur homologie embryologique, les glandes mammaires et les glandes sébacées sont profondément différenciées physiologiquement, et leurs cellules épithéliales se comportent très différemment, ainsi que nous ne manquerons pas de le faire remarquer plus tard.

DEUXIÈME PARTIE

L'ÉPITHÉLIUM MAMMAIRE AVANT LA SÉCRÉTION DU LAIT.

Heidenhain [1] n'admet pas que la mamelle soit une glande acineuse, au même titre, par exemple, qu'une glande salivaire.

[1] Heidenhain; Handbuch der Physiologie von Hermann, *Die Absonderung*, I Theil. Leipzig, 1883.

Pour lui, les alvéoles sont de simples expansions des canaux excréteurs, et il croit le démontrer en faisant remarquer que le même épithélium les tapisse, que leurs lumières ont les mêmes dimensions. Les différences apparaissent seulement lors de la sécrétion, car si l'épithélium des canaux excréteurs ne se modifie pas, celui des alvéoles subit des transformations complexes.

Nous ne pouvons nous ranger à l'opinion de Heidenhain et, ce que nous avons dit du développement de la mamelle, nous permettra d'émettre une autre idée appuyée, il est vrai, sur des faits.

Chez les jeunes animaux, la mamelle est formée effectivement par des canaux excréteurs, et c'est seulement plus tard que les acini prennent naissance. Si donc on examine une coupe de glande mammaire de nullipare, on distingue des alvéoles qui ne sont autre chose que de petits conduits excréteurs rudimentaires en rapport avec un canal principal. Or tous ces canaux, grands et petits, sont de même nature et possèdent le même épithélium, ont sensiblement la même lumière, et il ne serait pas juste de comparer à cette époque la glande mammaire à une glande acineuse. Mais, ultérieurement, la mamelle en pleine activité montrera très nettement, après une bonne dissociation, des culs-de-sac très développés et très analogues à ceux des glandes salivaires.

Il nous semble donc rationnel d'admettre que la mamelle est une glande acineuse, mais qu'elle prend seulement cette constitution histologique pendant la première gestation.

Coën[1], dans la mamelle au repos d'une femelle cobaye, a rencontré fort peu de figures mitotiques dans l'épithélium simple des alvéoles. Dans le tissu conjonctif de cette même glande, il n'a aperçu que quelques leucocytes et de nombreux lobules adipeux.

Chez la vache, le même auteur n'a pu trouver une seule

[1] Coën; *Beiträge zur normalen und pathologischen Histologie der Milchdrüse.* Ziegler's Beiträge, Band II, 1887.

mitose ; le tissu conjonctif interlobulaire et interacineux était riche en cellules adipeuses.

Coën a eu l'occasion d'examiner la mamelle gauche d'une jeune fille ayant succombé à une mammite phlegmoneuse de la mamelle droite et, vu la rareté des examens histologiques faits sur la femme, nous rapporterons tout au long les détails qu'il fournit dans son travail.

Les coupes exécutées quatre heures après la mort contenaient des gouttelettes graisseuses colorées en noir par l'acide osmique, qui remplissaient les cellules en partie ou en totalité et refoulaient les noyaux à la périphérie. On les trouvait, en outre, dans les lumières des acini et des canaux excréteurs, et il y avait à côté d'elles des noyaux libres contenant, eux aussi, des gouttelettes de graisse. L'épithélium était formé par *deux couches de cellules* dont les noyaux étaient riches en chromatine ou manifestement en division.

Dans le tissu conjonctif interalvéolaire et dans les lumières des acini, il y avait quelques leucocytes multinucléaires, mais les mononucléaires étaient rares.

De nombreuses cellules adipeuses étaient logées entre les lobules, à côté des canaux excréteurs et dans le tissu conjonctif interacineux.

Steinhaus[1] a rencontré dans les alvéoles de femelles de cobaye nullipares un épithélium cylindrique surbaissé, dont les cellules possédaient un noyau très développé relativement au protoplasme. La lumière des alvéoles était peu importante et contenait rarement un produit de sécrétion. Les figures karyokinétiques étaient rares à cette période et celles qui existaient présentaient un axe de division situé perpendiculairement à la membrane propre, et après la division de la cellule mère, les deux cellules filles se trouvaient placées l'une à côté de l'autre. Les noyaux des cellules épithéliales étaient riches en filaments

[1] Steinhaus ; *loc. cit.*

nucléaires et le protoplasma, dont les limites étaient bien visibles, se colorait énergiquement par la nigrosine, l'éosine.

Les canaux excréteurs étaient tapissés par un épithélium identique à celui des alvéoles.

Par la méthode d'Altmann[1], dont nous avons parlé antérieurement, Steinhaus a vu que les noyaux étaient sans structure et colorés en jaune, tandis que le protoplasme était rempli de granulations rouges placées autour du noyau. Les gouttelettes graisseuses étaient aussi fortement colorées en noir par l'acide osmique.

Les choses restaient sensiblement dans le même état pendant la gestation, si ce n'est que les karyomitoses devenaient plus abondantes. Par suite de cette multiplication, les dimensions des anciens alvéoles augmentaient et d'autres culs-de-sac prenaient naissance par la dilatation ampullaire des canaux excréteurs.

Le tissu conjonctif, ne suivant pas le développement des alvéoles, se raréfiait de plus en plus et n'était plus représenté entre les acini que par de rares fibrilles.

Il y avait aussi quelques leucocytes dans le tissu conjonctif, mais ils étaient peu communs entre les cellules épithéliales et dans les lumières alvéolaires.

Il résulte de cette description que les transformations cellulaires ne se manifestent pas encore dans la mamelle avant la sécrétion du lait.

Nous avons fait des recherches sur différentes espèces animales, et elles confirment le plus souvent les résultats obtenus par Steinhaus.

Chez une femelle de cobaye nullipare, la mamelle est seulement formée par des canaux excréteurs tapissés par un épithélium simple dont les cellules sont cylindriques, peu élevées et pourvues d'un protoplasme clair, homogène et difficilement colorable par l'acide picrique. Leurs noyaux sont volumineux, peu riches

[1] Altmann ; *loc. cit.*

en chromatine et forment une bonne partie de la cellulo, car ils sont très développés par rapport au protoplasme.

Dans cette mamelle, les karyomitoses sont extrêmement rares.

Les cellules ont des limites très appréciables et leur portion centro-acineuse est le plus ordinairement plane ou légèrement bombée.

Les lumières des canaux excréteurs sont réduites et contiennent souvent un léger coagulum colorable par l'acide picrique. Si les coupes sont un peu épaisses, leur épithélium paraît stratifié.

Le tissu conjonctif est abondant et la division lobulaire de la glande est manifeste. Les cellules adipeuses sont nombreuses et bien développées et généralement situées par groupes entre les lobules. Les leucocytes sont rares et s'observent seulement dans le tissu conjonctif ; on n'en trouve ni dans les cavités des culs-de-sac, ni entre les cellules épithéliales.

Lors de la *gestation*, les acini se forment par le bourgeonnement des canaux excréteurs terminaux. Leur épithélium est simple et formé de cellules cylindriques surbaissées à protoplasme très clair, à noyaux riches en chromatine, volumineux relativement au protoplasme, sphériques ou ovoïdes (Pl. I, fig. 1). S'ils sont ovoïdes, leur grand axe est dirigé parallèlement ou perpendiculairement à la membrane propre des alvéoles.

Les karyomitoses (Pl. I, fig. 2) paraissent être d'autant plus abondantes que le terme de la parturition est proche. Peu de jours avant cet acte, chez une femelle de cobaye, nous avons pu voir dans un seul champ du microscope plusieurs figures mitotiques, ce qui ne nous est jamais arrivé à une époque moins avancée de la gestation. L'axe de division du noyau est situé perpendiculairement à la paroi alvéolaire et, après la division de la cellule mère, les deux cellules filles sont placées à côté l'une de l'autre (Pl. I, fig. 3). Cette division a pour effet d'augmenter les dimensions des alvéoles qui existent déjà et d'en faire naître de nouveaux. Les lumières alvéolaires s'accroissent simultanément

et contiennent assez souvent un léger produit de sécrétion. Vers la fin de la gestation, il existe déjà dans le protoplasme des gouttelettes graisseuses plus ou moins conglomérées.

Comme Steinhaus[1], nous avons constaté que le tissu conjonctif ne s'accroît pas comme les alvéoles et devient de plus en plus rare. Il finit par n'être plus représenté, entre les acini, que par de rares fibrilles et quelques cellules, et il arrive même que les membranes propres de deux alvéoles voisins deviennent tangentes entre elles.

Pendant la gestation, les leucocytes se trouvent en assez grand nombre dans le tissu conjonctif, entre les cellules épithéliales et dans les lumières alvéolaires. Entre les cellules épithéliales, ils sont fort allongés, possèdent un noyau très coloré et homogène, un protoplasma presque invisible. Nous ne les avons jamais distingués d'une manière aussi nette dans les autres phases du développement de la glande mammaire.

Les cellules adipeuses sont comprimées entre les lobules glandulaires, mais elles ont encore gardé de très belles dimensions. Dans le tissu conjonctif interlobulaire, les vaisseaux et les nerfs sectionnés transversalement ou obliquement apparaissent nettement.

Chez une génisse âgée d'une année, les canaux excréteurs ramifiés existent seuls et forment des lobules séparés par du tissu conjonctif lâche contenant de nombreuses cellules adipeuses. L'épithélium est cylindrique surbaissé et le protoplasme de ses cellules est clair, peu colorable par l'acide picrique, plus volumineux que chez le cobaye. Les noyaux sont parfois sphériques, très souvent ovoïdes et riches en chromatine. A cette période de repos de la mamelle, il n'y a pas de karyomitose.

Les canaux excréteurs présentent une lumière assez importante dans laquelle se trouve un léger coagulum finement granuleux, colorable en jaune par l'acide picrique.

Les leucocytes existent en petit nombre dans le tissu conjonc-

[1] Steinhaus ; *loc. cit.*

tif, entre les cellules épithéliales et dans les lumières des canaux excréteurs.

Chez une lapine nullipare âgée de 3 mois, les canaux excréteurs ont une disposition analogue à celle que nous avons rencontrée chez le cobaye et la génisse, mais leur lumière est plus large et contient un produit de sécrétion granuleux et peu abondant. Leur épithélium est simple, cylindrique surbaissé et formé par des cellules uninucléées dont le protoplasme est clair, difficile à colorer. Les noyaux sont riches en chromatine, sphériques ou ovoïdes, très développés par rapport au protoplasme qui les entoure. Les contours cellulaires sont peu distincts et les figures mitotiques ne sont pas communes.

Le tissu conjonctif est très abondant et sépare très nettement les uns des autres les canaux excréteurs et leurs ramifications. Les cellules adipeuses sont particulièrement nombreuses et forment de gros lobules. Ici les leucocytes sont rares.

Chez une chienne, trente jours avant le part, les lobules sont déjà fort importants et constitués par de nombreux acini. Le tissu conjonctif interlobulaire est bien développé, mais entre les acini il est réduit à quelques fibrilles et à quelques cellules.

L'épithélium des alvéoles est toujours simple et formé par des cellules cylindriques surbaissées à protoplasma clair. Les noyaux sont volumineux, riches en chromatine et parfois en division. Les figures mitotiques sont assez nombreuses et très belles, et par suite de la multiplication cellulaire de nouveaux acini se forment et les anciens augmentent de dimensions. Les lumières alvéolaires ne sont pas encore très développées et contiennent un léger produit de sécrétion coloré en rouge par la safranine ou en jaune par l'acide picrique.

Il est fréquent de rencontrer des globules gras dans le protoplasme des cellules épithéliales, mais ils n'existent pas dans la lumière des alvéoles, ni dans celle des canaux excréteurs.

Les leucocytes sont rares dans le tissu conjonctif, entre les cellules épithéliales et dans la lumière des culs-de-sac.

En résumé, les mamelles que nous avons examinées chez différents animaux sont construites sur le même type et évoluent de la même manière. Au repos complet, ces glandes sont formées par des canaux excréteurs peu ramifiés qui, pendant la gestation, bourgeonnent pour donner naissance aux acini. Ce bourgeonnement s'effectue grâce aux nombreuses divisions cellulaires que l'on observe dans l'épithélium, dont les cellules sont cylindriques, surbaissées et pourvues d'un protoplasme clair fabriquant déjà de la graisse un peu avant la parturition. Les noyaux sont sphériques ou ovoïdes et souvent en voie de division. Les mitoses ont été niées pendant fort longtemps dans l'épithélium mammaire, et elles n'ont été étudiées que tout récemment par Bizzorero et Vassale [1], puis par E. Coën [2].

Bizzorero et Vassale n'ont rencontré que très exceptionnellement des figures mitotiques dans la mamelle de la lapine au repos. Ils les ont fréquemment observées dans les acini et les canaux excréteurs des mamelles de la lapine en gestation. Ces résultats concordent donc entièrement avec ceux de Steinhaus [3] et les miens.

Coën n'a très probablement pas trouvé ces figures karyokinétiques chez le cobaye et la vache, parce qu'il a étudié des mamelles prises sur des animaux avant ou peu après le commencement de la gestation. Il ne donne pas son travail d'indications précises permettant de juger ce petit fait. Il signale les figures mitotiques dans la mamelle de la jeune fille qu'il a eu l'occasion d'examiner un peu avant le terme de la grossesse. Il prétend avoir rencontré un épithélium stratifié dans cette même glande, mais il est permis de se demander s'il n'a pas fait ses examens sur des coupes un peu épaisses.

[1] Bizzorero und Vassale ; *Ueber den Verbrauch der Drüsenzellen der Säugethiere in den erwachsenen Drüsen*. Centralbl. f. d. med. Wissensch, 1885.

[2] E. Coën ; *loc. cit.*

[3] Steinhaus ; *loc. cit.*

TROISIÈME PARTIE

FORMATION DU COLOSTRUM.

On sait que le colostrum est un liquide sécrété par la mamelle un peu avant et quelquefois un peu après la parturition. Il est donc fabriqué pendant une période de transition, lorsque la glande passe du repos presque complet à l'activité la plus grande.

Sa coloration est jaune foncé, sa consistance est légèrement visqueuse et sa densité, plus forte que celle du lait normal, est en moyenne de 1,056.

La constitution chimique de ce liquide est aussi intéressante à connaître, car elle montre *a priori* que son origine épithéliale doit être différente de celle du lait.

Le colostrum contient beaucoup d'albumine coagulable par la chaleur, peu ou pas de caséine, de la graisse, du sucre de lait en faible proportion et des sels minéraux.

Dans les quelques jours qui suivent la naissance, l'albumine disparaît, la caséine et le sucre de lait s'accroissent jusqu'à ce que le produit de sécrétion ait toutes les propriétés du lait normal. Les analyses faites par les différents auteurs ne concordent pas exactement, parce qu'elles ont été exécutées à des moments différents; il nous a cependant paru intéressant d'en donner quelques-unes, afin de mieux indiquer la composition du liquide qui nous occupe.

ANALYSES DU COLOSTRUM DE FEMME (CLEMM).

	EAU	MATIÈRES SÈCHES	CASÉINE	ALBUMINE	BEURRE	SUCRE DE LAIT	SELS MINÉRAUX
17 jours avant terme.....	851.72	148.28	»	74.77	30.24	43.69	4.48
9 jours avant terme.....	858.00	142.00	»	80.00	30.00	43.00	5.40

Le colostrum est donc très riche en albumine, ainsi que ces deux analyses le prouvent.

Crusius[1] a démontré que, chez la vache, la quantité d'albumine décroît progressivement pour disparaître presque complètement après quelques jours. Aussitôt après la parturition, le colostrum sur lequel il expérimentait contenait 8,5 °/₀ d'albumine, le lendemain 6,4 °/₀, le surlendemain 3,4 °/₀, sept jours après 0,6 °/₀ seulement.

Nous avons donné beaucoup de détails sur les propriétés physiques et chimiques du colostrum, dans l'intention de mettre bien en évidence la constitution toute particulière de ce liquide. Il est si différent du lait physiquement et chimiquement, que son mode de formation doit être bien spécial.

La date de l'apparition du colostrum varie avec les espèces animales. Chez la lapine, la femelle du cobaye, on ne l'observe guère que dans les derniers jours de la gestation.

La brebis présente déjà un mois avant l'agnelage un pis volumineux. Si on exprime un des mamelons, on fait sortir un liquide hyalin et tellement visqueux qu'il ne s'écoule pas si on retourne le vase dans lequel il est contenu. A ce moment, aucun élément morphologique n'est encore visible dans ce liquide, mais il est coagulable par les acides forts et par la chaleur, ce qui indique qu'il contient beaucoup de matières albuminoïdes. Ultérieurement, sa coloration se fonce, les éléments morphologiques apparaissent et bientôt le colostrum est entièrement constitué.

Chez la vache, c'est environ deux à trois semaines avant la parturition que le colostrum commence à se produire. Il s'accumule dans le sinus galactophore, et parfois même en telle quantité qu'il exerce bientôt une pression suffisante pour vaincre la résistance que lui oppose le petit sphincter de l'orifice de sortie du sinus. Il s'écoule lentement à l'extérieur, son eau s'évapore et ses matières sèches forment une petite perle adhé-

[1] Crusius; Journ. f. pract. Chemie. Band LXVIII.

rente à l'extrémité du mamelon. Ce phénomène est surtout très marqué dans les derniers jours qui précèdent le vêlage.

Chez la femme, quelques gouttelettes de liquide jaunâtre sortent par l'expression du mamelon, et la formation du colostrum atteint son point culminant lors de l'accouchement.

Le colostrum contient des éléments morphologiques dignes d'une étude attentive. Il présente de nombreux globules graisseux, analogues à ceux qui existent dans le lait normal, mais en différant cependant un peu par leur tendance à se conglomérer. A côté d'eux, se trouvent d'autres éléments, les *corpuscules du colostrum,* qui ont une histoire bien longue et dont l'origine est bien obscure et fort difficile à élucider, si l'on en croit les auteurs.

C'est en 1837 que Donné[1] signala leur présence dans le lait des quelques jours qui précèdent ou qui suivent l'accouchement, et il les nomma *corps granuleux.*

On trouve, écrit-il, à côté des corpuscules graisseux encore irréguliers, d'autres éléments qui s'en distinguent par leur grosseur, leur aspect général, leurs propriétés. Ils ne sont pas toujours sphériques, mais présentent des formes variables. Ils sont petits ou gros, peu transparents, jaunâtres, granuleux et sont constitués par de petits corpuscules accolés les uns aux autres ou renfermés dans une enveloppe commune. On observe, en outre, souvent dans leur masse une petite gouttelette qui ne paraît pas être autre chose qu'un globule gras.

Donné pensait que ces corpuscules étaient constitués par des globules graisseux et une substance agglutinante, mais il ne rechercha pas leur origine.

Ce sont ces mêmes corpuscules que Henle[2] nomma *corpuscules du colostrum*, et cette désignation est la seule qui soit admise aujourd'hui. Il ne considéra pas ces éléments comme des cellules

[1] Donné ; *Du lait et en particulier de celui des nourrices.* Paris, 1837.

[2] Henle ; *Ueber die mikroskopischen Bestandtheile der Milch,* in Froriep's Notizen, 1839.

à contenu granuleux, mais comme des amas de granulations dépourvus d'enveloppe, formés par une substance amorphe.

Plusieurs opinions ont été successivement émises pour expliquer l'origine de ces corpuscules; les principales sont celles de Reinhardt, de Rauber et de Heidenhain. Nous exposerons successivement les manières de voir de ces auteurs et nous démontrerons, nous le pensons du moins, qu'elles sont souvent un peu obscures et insuffisantes.

Reinhardt[1] commence par faire remarquer, dans son mémoire, que le colostrum diffère autant du lait normal par les éléments morphologiques qu'il contient, que par ses propriétés physiques et chimiques. En effet, dans le lait normal, les globules graisseux sont sphériques, rarement agglomérés, punctiformes ou ont un diamètre de 3 à 5 μ, pouvant aller jusqu'à 15 μ. Dans le colostrum, ces globules existent aussi, mais leur diamètre est plus important, et ils sont souvent accolés les uns aux autres.

En outre de ces globules graisseux, il y a dans le colostrum des corps qui n'existent que très exceptionnellement dans le lait normal. Les uns sont très petits, mesurent seulement 3 à 6 μ et ont une forme sphérique ou irrégulière. Ils sont clairs ou granuleux et contiennent d'autant plus de gouttelettes graisseuses qu'ils sont plus volumineux; il est rare de leur distinguer un noyau. Placés dans l'eau, certains de ces petits corps ne subissent pas de modifications dans leur structure, mais il en est d'autres qui deviennent sphériques, se tuméfient et finissent par présenter tous les caractères d'une cellule. Ils possèdent alors une membrane et un noyau, et dans leur protoplasme on observe de fins globules doués de mouvements rapides. La cellule est cependant souvent incomplète et si la membrane est bien appréciable, le noyau ne l'est pas. Traitées par l'acide acétique, ces cellules laissent apparaître un noyau sphérique ou ovoïde, le plus sou-

[1] Reinhardt; *Ueber die Entstehung der Körnchenzellen*. In Virchow's Archiv, Band I, 1847.

vent pâle. On rencontre dans les préparations tous les intermédiaires entre la cellule nucléée et celle qui est dépourvue de noyau. Les alcalis dissolvent entièrement ces corpuscules, à l'exception toutefois des globules sombres signalés plus haut, qui sont formés par de la graisse.

En outre de ces petits corpuscules, il en existe d'autres ayant un diamètre de 6 à 25 μ, qui sont granuleux, sphériques ou irréguliers et sont constitués par des globules sombres réunis par une substance amorphe. La substance unissante est de nature albuminoïde et les globules sombres sont formés par de la graisse, ainsi que le prouve leur dissolution facile par l'éther.

Les plus importants de ces corpuscules granuleux sont parfois entourés d'une membrane et contiennent quelquefois un noyau.

Les corpuscules ayant environ 6 μ de diamètre tiennent le milieu entre les corpuscules dont il a été parlé plus haut et les gros, dont il vient d'être question ; ils sont généralement pourvus d'une membrane et contiennent le plus souvent un noyau et quelques globules graisseux.

Or, pour Reinhardt, les petits, les moyens et les gros corpuscules ont une origine commune et ne sont autre chose que des cellules plus ou moins modifiées, provenant probablement de l'épithélium qui tapisse les canaux de la mamelle.

Le même auteur a recherché ces corps dans la glande mammaire d'une femme et il prétend les avoir retrouvés dans les produits obtenus par le grattage de la surface interne des canaux galactophores, par la dissociation des lobules et des acini. A côté des cellules normales, il a observé au microscope d'autres cellules sphériques ou polyédriques, plus ou moins déformées, possédant un noyau pâle, parfois une membrane et manifestement sur le point de perdre leur vitalité. En outre, il y avait d'autres éléments cellulaires souvent dépourvus de membrane et de noyau.

Or, toutes ces cellules, dit Reinhardt, ressemblent entièrement aux petits corpuscules du colostrum, dont les uns possè-

dent encore une structure cellulaire non douteuse et dont les autres sont tellement transformés, qu'ils ont perdu presque tous les attributs de la cellule.

Il y avait aussi, dans le liquide obtenu par la dissociation de cette mamelle, des cellules assez volumineuses, renfermant des globules graisseux, pas assez cependant pour cacher le noyau, et ressemblant aux corpuscules moyens du colostrum.

Puis, d'autres cellules s'y rencontraient encore; elles étaient très volumineuses, n'avaient plus de noyau, possédaient parfois encore une membrane et étaient remplies par des granulations très analogues aux petites boules qui prennent naissance dans les cellules épithéliales d'un organe enflammé. Les gros corpuscules, dépourvus le plus souvent de noyau et de membrane, correspondent entièrement à ces énormes cellules.

Reinhardt admet, après ces observations, que les corpuscules du colostrum ne sont pas autre chose que des cellules épithéliales plus ou moins modifiées, détachées et entraînées par les produits de sécrétion de la glande.

Pour Nasse [1], les corpuscules joueraient un rôle dans la formation du lait et des globules graisseux, en subissant une fonte lors de la sécrétion normale, dans les canaux excréteurs. Cette fonte aurait pour résultat de mettre en liberté les globules gras.

Reinhardt [2] n'admet pas cette opinion, car dans une mamelle de femme morte cinq semaines après son accouchement, il n'a pu rencontrer dans les canaux excréteurs que des globules gras, mais aucun corpuscule de colostrum.

Des mamelles de vache et de lapine en pleine activité ne lui montrèrent pas davantage les faits annoncés par Nasse. Il ne pense donc pas que les corpuscules du colostrum aient un rapport quelconque avec la sécrétion du lait et en particulier avec la formation de globules graisseux.

Le même auteur a aussi recherché la raison pour laquelle les

[1] Nasse; in Müller's Archiv, 1840.

[2] Reinhardt; *loc. cit.*

corpuscules apparaissaient seulement au début de la lactation et disparaissaient plus tard, et il a fait une hypothèse qui est encore citée aujourd'hui dans les livres classiques. Les corpuscules du colostrum proviendraient, d'après lui, des cellules épithéliales dégénérées et séparées de la paroi propre des conduits excréteurs ou des acini avant la parturition. Cette dégénération serait la conséquence de l'accroissement des diamètres de ces canaux et acini, de la circulation plus active, bref des modifications importantes qui se manifestent à cette période de l'évolution de la glande mammaire, et bientôt un nouvel épithélium remplacerait celui qui s'est détaché.

Ainsi, pour Reinhardt, les corpuscules du colostrum ne sont pas autre chose que des cellules épithéliales dégénérées, contenant de la graisse, mais aussi des boules analogues à celles que produisent les cellules épithéliales irritées. Il nous a paru intéressant d'insister sur cette dernière constatation, car elle nous paraît être exacte. L'auteur dont nous parlons n'a cependant pas bien vu les phénomènes qui se produisent lors de la formation du colostrum, et on ne peut s'en étonner, si l'on veut bien se rappeler qu'il a employé une technique absolument insuffisante, mais il a aperçu les globules résultant de la transformation du protoplasme, que tous ses successeurs ont niée ou n'ont pas indiquée. Cependant il a eu le tort, à notre avis du moins, de considérer des corpuscules du colostrum comme des cellules entières, tandis qu'ils ne sont qu'un produit de dégénération du protoplasme.

Langer[1] considère les corpuscules du colostrum comme des cellules remplies de gouttelettes graisseuses.

Kölliker[2] admet aussi que le colostrum se forme par la dégénération graisseuse des cellules. Pour lui, après la conception, de la graisse s'accumule dans les cellules des vésicules glandu-

[1] Langer ; *Ueber den Bau und die Entwicklung der Milchdrüse bei beiden Geschlechtern*, in den Denkschriften der Acad. der Wiss. zu Wien. Band III, 1852.

[2] Kölliker ; Handbuch der Gewebelehre, 1867.

laires; ces cellules, devenues ainsi plus grosses, remplissent complètement le cul-de-sac. Peu de temps avant le terme de la grossesse, de nouvelles cellules graisseuses se produisent qui refoulent les plus vieilles dans les conduits galactophores. Le liquide que l'on peut exprimer de la mamelle est jaunâtre, mais n'est point du lait; il contient un certain nombre de globules graisseux, provenant des cellules graisseuses plus ou moins altérées, et on y trouve en outre ces cellules pourvues ou non d'une enveloppe, qu'on a appelées corpuscules du colostrum.

Il figure, dans son livre, des corpuscules de colostrum, qui ne sont autre chose que des cellules remplies de graisse, et il y a même un noyau dans l'un d'eux.

Ainsi Kölliker suppose que les glandes mammaires fonctionnent, lors de la formation du colostrum, comme de véritables glandes sébacées.

Krause[1] considère aussi les corpuscules du colostrum comme des cellules épithéliales détachées des parois des acini, souvent dépourvues de noyau et remplies de graisse.

D'autres auteurs ont admis cette opinion; ainsi Will[2], van Bueren[3], Kehrer[4], Buchholtz[5], etc., pensent que le corpuscule du colostrum est une cellule ayant subi une dégénérescence graisseuse.

Tout récemment, Gegenbaur[6] a encore exprimé cette idée. Vers la fin de la grossesse, écrit-il, l'épithélium des acini se multiplie, et l'on trouve alors dans ces acini d'autres éléments cellulaires. Indépendamment de cellules indifférentes, on y rencontre des cellules remplies de gouttelettes de graisse; dont le nombre continue à s'accroître. Toute la cellule finit par en être

[1] Krause; Mikroskopische anatomie, pag. 293.

[2] Will; *Ueber die Milchabsonderung*. Erlangen 1850.

[3] Lammets van Bueren; Nederl. Lancet, 2 Ser., Jahrg. 2.

[4] Kehrer; *Zur Morphologie des Milchcaseins*. Leipzig, 1871.

[5] Buchholtz; *Das Verhalten der Colostrumkörper bei unterlassener Säugung.* Göttingen 1877.

[6] Gegenbaur; *Traité d'anatomie humaine*, traduct. franç. de Julin. Paris 1889.

bourrée, ce qui fait que le noyau devient difficile à voir et disparaît plus tard. L'enveloppe de la cellule disparaissant aussi, on a alors un amas sphérique de gouttelettes de graisse. Les cellules ainsi constituées se rencontrent à l'intérieur des acini; plus tard elles se trouvent suspendues dans un liquide séreux, qui est également sécrété par les acini. Le premier produit de sécrétion des glandes mammaires est donc un liquide, dans lequel nagent des éléments sphériques provenant d'une transformation graisseuse des cellules glandulaires. Ce produit de sécrétion, auquel on donne le nom de colostrum, est excrété pendant les premiers jours qui suivent l'accouchement, ses éléments cellulaires sont appelés corpuscules ou éléments du colostrum.

Gegenbaur établit donc la plus grande analogie entre le fonctionnement de la glande mammaire et celui d'une glande sébacée.

De Sinéty[1] est aussi d'avis que les corpuscules du colostrum sont de nature cellulaire, et pour le démontrer il recommande de les traiter pendant vingt-quatre heures par l'éther et de les colorer ensuite pour faire apparaître les noyaux.

Nos recherches ne nous permettent pas d'adopter la manière de voir de tous ces auteurs, et nous montrerons ultérieurement que les cellules ne fabriquent pas beaucoup de graisse, mais des corpuscules colloïdes, se colorant intensivement par la safranine, l'hématoxyline, l'acide picrique, etc., c'est-à-dire par les matières colorantes des substances albuminoïdes. Nous n'avons pas non plus constaté la présence de cellules jeunes qui, en se multipliant et en s'accroissant, refoulent les éléments cellulaires les plus âgés dans les canaux excréteurs, ainsi que cela arrive dans les glandes sébacées.

Certains histologistes font jouer le principal rôle aux leucocytes dans la genèse des corpuscules du colostrum. Winkler[2] a indiqué, le premier, que la migration des globules blancs dans

[1] De Sinéty ; *Traité pratique de Gynécologie*. Paris 1884.

[2] Winkler ; Archiv. für Gynäcologie, Band XI, 1877.

l'intérieur des alvéoles pourrait bien jouer un rôle important dans la sécrétion du lait.

Rauber[1] a adopté cette manière de voir, et il considère les corpuscules du colostrum comme des globules blancs qui, après avoir pénétré dans les cavités alvéolaires, sont en voie de transformation graisseuse. Il étudie le colostrum d'une chèvre quelques jours avant la parturition, et il trouve que les corpuscules, examinés sans coloration, sont plus ou moins remplis de gouttelettes de graisse, mais ne présentent ni membrane, ni noyau. Il suffit pour faire apparaître ces éléments cellulaires de traiter les corpuscules par l'eau et une matière colorante telle que l'hématoxyline. On a alors des figures qui ressemblent singulièrement aux globules blancs.

Malheureusement pour la théorie de Rauber, les leucocytes sont rares dans la mamelle lors de la sécrétion du colostrum, aussi bien dans le tissu conjonctif interacineux que dans la lumière des alvéoles.

Il ne nous reste plus qu'à étudier l'opinion de Heidenhain[2] sur la formation du colostrum, et la grande notoriété de cet histologiste nous engage à exposer ses vues avec quelques détails.

Dans les quelques jours qui suivent ou précèdent l'accouchement, l'auteur a remarqué que les alvéoles, encore peu développés, sont tapissés par un épithélium bas. Dans les lumières alvéolaires, il a constaté un assez grand nombre de noyaux. Certaines cellules épithéliales ont, en outre, un développement particulier, qui plus tard ne s'observe que très rarement. Elles sont rondes, claires ou finement granuleuses et présentent un seul noyau excentriquement placé. Elles se trouvent parfois dans le produit de sécrétion et contiennent alors une ou plusieurs gouttelettes graisseuses; à côté d'elles, il y a des corpuscules de colostrum typiques qui sont complètement remplis de graisse.

[1] Rauber; *Ueber den Ursprung der Milch.* Leipzig, 1879.

[2] Heidenhain; *loc. cit.*

Au reste, comme tous ceux qui l'ont précédé, il n'a pu trouver de corpuscules de colostrum dans l'épithélium, mais il les a simplement observés dans la lumière des alvéoles et dans le lait obtenu en exprimant le mamelon. Il ne lui semble cependant pas douteux que les corpuscules du colostrum soient en relation étroite avec les cellules épithéliales dont il a été question plus haut.

Il n'admet pas l'opinion des auteurs qui pensent que les corpuscules ne sont que des cellules dégénérées; il a, en effet, toujours rencontré l'épithélium plus pauvre en graisse que les corpuscules eux-mêmes.

Il rappelle alors que Stricker [1] a découvert une contractilité aux corpuscules du colostrum et que les cellules amœboïdes ont la propriété d'absorber les globules gras. Il nous semble utile de le traduire ici presque mot à mot afin de ne pas dénaturer sa pensée. « Si j'injecte, écrit-il, dans le sac dorsal lymphatique d'une grenouille 1 centim. cube de lait, je trouve après 24 et encore mieux après 48 heures une grande quantité de leucocytes chargés de gouttelettes graisseuses. Parmi eux, les uns contiennent seulement une ou deux gouttelettes de graisse, d'autres en renferment un plus grand nombre, et il y en a qui en sont tellement remplis qu'ils sont absolument semblables aux corpuscules du colostrum.

Les cellules grasses du colostrum se forment parce que les cellules claires citées plus haut prennent les globules gras par intussusception. »

Il en résulte, conclut Heidenhain, que les corpuscules du colostrum n'ont aucune importance dans la formation du lait.

Il ne lui a pas été possible de trouver le motif pour lequel les cellules épithéliales se transforment au moment de la parturition en cellules claires ou finement granuleuses et la raison pour laquelle ces cellules ne prennent plus naissance ultérieurement.

[1] Stricker; *Ueber contractile Körper u. s w.* in den Sitzungsberichten der k. Akad. der Wissensch. zu Wien Band LIII, 1886.

L'opinion de Heidenhain sur la formation des corpuscules du colostrum est toute hypothétique, et nous ne croyons pas devoir l'admettre. Il est vrai que les leucocytes sont capables d'absorber les corps étrangers, mais les cellules épithéliales de la mamelle ne possèdent pas la même propriété, ou du moins aucun histologiste n'a réussi à les voir absorber par intussusception les corps étrangers qui sont dans leur voisinage, les globules gras par exemple. Nous démontrerons un peu plus loin que les choses se passent tout autrement, et il nous paraît inutile d'insister pour le moment sur ce sujet.

Stöhr[1] pense que les corpuscules du colostrum sont des cellules nucléées renfermant des gouttelettes graisseuses, mais on ne sait, ajoute-t-il, quel rôle joue l'épithélium dans la formation du colostrum.

Steinhaus[2] n'a pas étudié le colostrum, et il se contente de faire remarquer que le passage de la glande du repos à l'activité n'est pas subit, mais progressif. On voit, dit-il, au début de la lactation, un grand nombre de figures qui se raréfient de plus en plus, pour disparaître complètement dans le lait normal ; ces figures sont les corpuscules du colostrum, qui ne sont autre chose que des cellules rondes, remplies de gouttelettes graisseuses. Autant qu'il me paraît, conclut Steinhaus, les corpuscules du colostrum sont simplement des cellules bien nourries, avec des corpuscules éosinophiles ayant subi la dégénérescence graisseuse.

Nous avons terminé l'histoire de la formation des corpuscules du colostrum, et tous les auteurs que nous avons successivement cités admettent, sauf Henle, que ces éléments morphologiques sont des cellules. Pour les uns, ce sont des cellules épithéliales plus ou moins dégénérées et stéatosées ; pour les autres, des leucocytes modifiés dans leur structure et remplis de graisse, et enfin, pour Heidenhain, des cellules épithéliales ayant absorbé par intussusception des gouttelettes graisseuses.

[1] Stöhr ; Lehrbuch der Histologie und der mikr. Anat. des Menschen. Jena 1887.

[2] Steinhaus ; *loc. cit.*



Nos observations, que nous allons maintenant exposer, nous permettront de rejeter également ces différentes opinions.

Pour se procurer des préparations bien probantes, il est bon de choisir un animal dont les mamelles n'ont encore été l'objet d'aucune succion. Si on néglige de prendre cette précaution, les cellules épithéliales se modifient très rapidement et le mode de formation du colostrum devient très obscur. Nous avons opéré dans ces conditions favorables et nous avons prélevé les morceaux à examiner sur des femelles de cobaye aussitôt après la mise au monde de leurs petits. Les sujets sur lesquels nous avons répété cette opération nous ont fourni des résultats à peu près identiques.

Les acini présentent des dimensions beaucoup plus importantes que dans la mamelle au repos, et leur lumière renferme un produit de sécrétion formé en grande partie par des corpuscules hyalins, colorés en rouge par la safranine, par des globules gras et par un coagulum granuleux, le plus souvent peu abondant (Pl. I, fig. 4).

Les parois alvéolaires sont tapissées par des cellules épithéliales dont les formes sont très variables. Les unes sont normales (Pl. I, fig. 4 *a*, *b*, *d*), possèdent un protoplasma granuleux contenant quelques gouttelettes graisseuses et un seul noyau. Ce protoplasme n'est pas nettement limité du côté de la lumière alvéolaire, mais il y envoie des prolongements très ténus subissant une fonte dont les produits donnent naissance au coagulum granuleux signalé plus haut. Ces cellules n'ont pas de grandes dimensions, mais elles sont plus volumineuses que celles des utricules de la mamelle au repos. Leurs noyaux sont sphériques ou ovoïdes, assez riches en chromatine, et dans les mamelles n'ayant été l'objet d'aucune succion nous n'y avons rencontré aucune karyomitose. Ces cellules normales sont plus ou moins nombreuses suivant les acini et les animaux soumis à l'examen.

A côté d'elles, dans les mêmes alvéoles, il en existe d'autres dont le protoplasme renferme de petites masses sphériques, hyalines, éloignées les unes des autres et analogues à celles dont nous avons signalé l'existence dans les cavités des vésicules glandulaires (Pl. I, fig. 4 *c*, *e*, *f*, *h*). Ces corpuscules sont colorables en rouge par la safranine, en jaune par l'acide picrique, en violet foncé par l'hématoxyline. Ils sont constitués par une matière homogène, colloïde, provenant de la dégénération de la substance protoplasmique, et la preuve en est donnée par la disparition de cette dernière partout où ces petits corps prennent naissance. Ce processus de dégénération colloïde est tout à fait comparable à celui que l'on observe dans l'inflammation des cellules épithéliales.

Dans les cellules où les corpuscules sont peu nombreux, le noyau est encore fort à l'aise et garde son volume normal (Pl. I, fig. 4 *f*, *h*).

Si la dégénération est plus prononcée, le protoplasme se raréfie et se présente sous la forme d'un léger nuage à la face interne de la membrane cellulaire. Le noyau commence à être comprimé par les corpuscules (Pl. I, fig. 5 *f*), sa membrane d'enveloppe perd de sa netteté et ses filaments nucléaires deviennent confus. Nous ne saurions dire si le noyau est capable de subir la même dégénération colloïde que le protoplasme, n'ayant pu en observer un seul en voie de se métamorphoser ainsi. Il y a des gouttelettes graisseuses dans ces cellules; les unes sont punctiformes, les autres atteignent des dimensions plus importantes et résultent sans doute de la fusion des plus petites entre elles. Elles apparaissent indistinctement dans toutes les parties du protoplasme et sont placées entre les corpuscules colloïdes, dont elles se distinguent par la coloration noire qu'elles prennent par la réduction de l'acide osmique (Pl. I, fig. 4 *c*, *e*, *f*).

Le protoplasme peut disparaître complètement et être remplacé par de petites masses colloïdes (Pl. I, fig. 4 *g*; fig. 5 *c*, *e*, *j*, *k*).

Ces corpuscules ont un volume plus important que le protoplasme lui-même et les cellules dans lesquelles ils sont un peu nombreux finissent par acquérir des dimensions considérables (Pl. I, fig. 5 *c*, *e*, *h*, *j*, *k*). La membrane cellulaire est alors très distendue et le noyau a disparu. Dans ces cas, les corpuscules se compriment réciproquement et peu à peu s'accolent les uns aux autres, et il est aisé, en parcourant les coupes, d'assister à toutes les phases de leur conglomération. Ils sont sphériques au début et à peu près indépendants, mais, à mesure que leur nombre augmente, ils s'aplatissent à leurs points de tangence et finissent par se confondre. De leur réunion, résultent des masses plus ou moins importantes (Pl. I, fig. 5 *c*, *h*, *j*, *k*) dont les surfaces sont mamelonnées.

Si la membrane de la cellule cède à la pression intérieure qui s'exerce sur elle avant que la confluence des corpuscules se soit réalisée, ces derniers s'échappent du côté où la résistance est la plus faible, c'est-à-dire dans la lumière alvéolaire, où ils sont entraînés par la sérosité qui transsude au travers de la paroi propre. Leur substance étant colloïde, demi-fluide, ils reprennent aussitôt la forme sphérique et forment avec les globules gras une émulsion. Le contenu des alvéoles (Pl. I, fig. 4, fig. 5) a ainsi pris naissance. L'examen de quelques cellules montre que les faits se passent bien ainsi (Pl. I, fig. 5 *b*, *d*). En (*b*), la membrane d'enveloppe est déchirée et un corpuscule situé dans l'orifice qu'elle présente est sur le point de sortir de la cellule. En (*d*), il ne reste plus que quelques corpuscules dans la cavité cellulaire, et une mince couche de protoplasme est appliquée contre la membrane.

Ces corpuscules colloïdes ont des dimensions variables, leurs diamètres sont compris entre 1 μ et 8 à 10 μ et parfois même 12 μ. Ils représentent les éléments résultant de la dégénération du protoplasme les plus simples qu'il nous ait été donné d'apercevoir et sont parfois accumulés en grand nombre dans le même alvéole, si toutes les cellules ont laissé simultanément échapper

leur contenu colloïde. Les noyaux disparaissent complètement sans laisser la moindre trace de chromatine.

La membrane peut résister parfois assez longtemps pour que les corpuscules aient le temps de s'accoler, de se conglomérer et de former alors des masses intra-cellulaires véritablement énormes dont la surface est irrégulière et mamelonnée (Pl. I, fig. 6). Ces mamelons permettent de saisir aisément l'origine des masses dont il s'agit, car ils ne sont autre chose que des parties de corpuscules dont la fusion a été imparfaite.

Ce gros corpuscule contient des gouttelettes graisseuses dont la présence pourrait être difficile à comprendre, si ce n'est par la dégénération graisseuse de la matière colloïde. Nous avons constaté antérieurement leur formation dans le protoplasme et leur englobement par les corpuscules lors de leur conglomération, mais il nous paraît difficile d'affirmer qu'il n'y ait pas déjà à ce moment une dégénération graisseuse de la matière colloïde elle-même.

Les corpuscules élémentaires peuvent aussi se grouper en quelques petites masses distinctes, et le contenu cellulaire est alors formé par plusieurs globes colloïdes (Pl. I, fig. 5 *e*).

Il nous est maintenant facile de comprendre la raison pour laquelle il existe dans les cellules et les alvéoles des corpuscules de toutes les dimensions ; les uns sont simples et les autres sont composés d'un nombre plus ou moins important de corpuscules primitifs.

Les formations colloïdes sont donc mises en liberté par la rupture de la membrane cellulaire et sont entraînées avec les globules gras dans la cavité du cul-de-sac. Cette dernière peut être trop étroite pour contenir tous ces éléments qui se compriment alors réciproquement, se groupent pour occuper un minimum de place, se fusionnent et finalement donnent naissance à de gros corpuscules dont la surface est tantôt unie, tantôt mamelonnée, suivant qu'elle s'applique plus ou moins exactement sur les parois de l'alvéole.

Tous ces corpuscules, gros et petits, sont chassés des vésicules glandulaires par la vis *a tergo,* par la sérosité provenant de l'espace lymphatique périacineux. Les plus petits pénètrent aisément dans les canaux excréteurs, mais il n'en est pas de même des plus gros, qui doivent se mouler sur l'orifice de sortie de l'alvéole pour suivre la même voie. Ils sont obligés de s'étirer, de s'allonger, de se mouler progressivement sur cet orifice et ils n'arrivent à cheminer qu'à ce prix. En subissant cet étirement, les mamelons de leur surface s'aplatissent et disparaissent, et arrivés dans les canaux excréteurs ils forment une masse entièrement homogène, contenant quelques globules gras. Ce processus est très facile à suivre sur les coupes que nous avons eues entre les mains, et il est un peu comparable à celui que l'on observe lors de la formation des cylindres colloïdes dans les néphrites.

Ces masses retrouvent de l'espace en arrivant dans les canaux excréteurs et, grâce à leur faible consistance, reprennent immédiatement une forme sphérique ou ovoïde. Les corpuscules du colostrum les plus importants, les plus volumineux sont alors définitivement constitués, et on les retrouve à cet état dans le liquide obtenu par la mulsion.

Dans les canaux excréteurs, qui sont tapissés par un épithélium cylindrique bas, on rencontre un nombre considérable de globules gras, des corpuscules du colostrum de toutes les dimensions et un coagulum granuleux.

Les corpuscules du colostrum ont des dimensions très variables ; les uns sont petits et analogues à ceux qui sont représentés dans les lumières alvéolaires (Pl. I, fig. 4, fig. 5) et les autres sont beaucoup plus volumineux (Pl. I, fig. 7, 8, 9).

Ces derniers résultent, ainsi que nous l'avons déjà dit, de la confluence de corpuscules simples effectuée dans les cellules et dans les cavités des vésicules glandulaires, et perfectionnée dans l'orifice de sortie des alvéoles. Ces corpuscules sont sphériques ou ovoïdes et sont constitués par une substance colloïde

se colorant aisément par la safranine, l'acide picrique, l'hématoxyline, la fuchsine acide, etc. Ils contiennent généralement des gouttelettes graisseuses (Pl. I, fig. 8, 9) plus ou moins volumineuses, mais ils peuvent aussi en être dépourvus (Pl. I, fig. 7). Ces gouttelettes graisseuses ont été enrobées mécaniquement par les masses colloïdes lors de leur formation ; mais les corpuscules situés dans les canaux excréteurs paraissent capables de se stéatoser, car ils sont souvent bien plus riches en graisse que ceux que l'on rencontre dans les cellules ou les lumières alvéolaires.

Nous n'avons pu, malgré les très nombreux examens que nous avons pratiqués sur le colostrum du cobaye, découvrir à ces corpuscules ni noyau, ni membrane.

Nous avons aussi utilisé la méthode d'Altmann[1] pour colorer les granulations du protoplasme des cellules épithéliales de la mamelle du cobaye lors de la formation du colostrum. Steinhaus[2] n'ayant pas fait de recherches sur ce sujet, il nous a paru utile de combler le vide qu'il avait laissé.

Les granulations sont colorées en rouge intense par la fuchsine acide, et tous les autres éléments de la cellule sont teintés en jaune par l'acide picrique.

Les granulations protoplasmiques existent dans toutes les cellules normales et sont réparties dans toute l'étendue du protoplasme. Elles sont ovoïdes ou en forme de petits bâtonnets. Leur nombre diminue dans les cellules épithéliales qui contiennent des corpuscules et elles occupent seulement les parcelles de protoplasme qui ont échappé à la dégénération colloïde.

Dans les cellules dont le contenu est entièrement formé par des corpuscules, les granulations ont disparu. Nous ne les avons jamais retrouvées dans les corpuscules, qui sont uniformément colorés en jaune par l'acide picrique, dans les préparations bien réussies.

Ces granulations n'appartiennent pas seulement aux cellules

[1] Altmann ; *loc cit.*
[2] Steinhaus ; *loc. cit.*

épithéliales des acini, mais elles se trouvent aussi dans l'épithélium des canaux excréteurs, où elles sont sphériques et accumulées autour des noyaux.

La matière colloïde des corpuscules est donc bien différente du protoplasme dont elle provient, car la méthode d'Altmann démontre que les granulations protoplasmiques lui font absolument défaut.

En nous appuyant sur toutes les descriptions qui précèdent, nous croyons pouvoir affirmer, contrairement à l'opinion de tous les auteurs qui nous ont devancé, que les corpuscules du colostrum ne sont pas des cellules, mais des amas d'une substance colloïde produite par la dégénération du protoplasme. Nous n'avons jamais pu leur découvrir ni membrane, ni noyau et nous n'en avons pas été étonné après avoir assisté à leur genèse dans les cellules épithéliales.

Nous abandonnerons donc les opinions si différentes de Reinhardt, de Rauber et de Heidenhain, que nous n'avons jamais pu vérifier dans nos travaux et qui sont, du reste, seulement hypothétiques.

La raison pour laquelle l'épithélium de la glande mammaire subit une transformation colloïde un peu avant et après la parturition est difficile à élucider. Nous ne pouvons admettre, comme l'a fait Reinhardt [1], que ces modifications soient sous la dépendance de la vascularisation active qui se manifeste à l'époque de part dans la mamelle, car nous savons qu'elle s'établit progressivement depuis le début de la gestation.

Il faut cependant remarquer que la dégénération colloïde se rencontre fréquemment dans les cellules épithéliales irritées par les substances toxiques. L'organisme maternel renferme peut-être à la fin de la gestation des principes nocifs, dont il ne se débarrasse pas suffisamment vite, agissant sur l'épithélium mammaire et amenant la dégénération de son protoplasme. Cette dernière

[1] Reinhardt; *loc. cit.*

hypothèse reste à démontrer, et nous nous proposons de l'étudier dans des recherches ultérieures.

La succion exercée par les petits sur le mamelon fait sortir le colostrum de la mamelle et bientôt les alvéoles et les canaux excréteurs ne renferment plus de corpuscules. Les cellules épithéliales restées normales se multiplient alors activement, et trente heures après la parturition chez la cobaye, les alvéoles ne renferment plus que de très rares cellules contenant encore des boules colloïdes ; toutes les autres sont cylindriques surbaissées, uninucléaires ou binucléaires et possèdent un protoplasme granuleux (Pl. II, fig. 2).

Il serait intéressant de rechercher si, chez la femme, la montée du lait, qui demande environ trois jours pour s'effectuer, ne correspond pas à une régénération de l'épithélium mammaire analogue à celle qui vient d'être décrite chez la femelle du cobaye.

QUATRIÈME PARTIE

L'ÉPITHÉLIUM MAMMAIRE PENDANT LA SÉCRÉTION DU LAIT.

Le lait est un liquide opaque, blanc, d'une densité allant de 1,028 à 1,034. Celui de la femme contient en moyenne, dans 100 parties, 88,91 d'eau, 3,92 de caséine, 2,67 de matières grasses, 4,36 de sucre de lait et 0,138 de matières minérales.

Les propriétés physiques et chimiques du lait normal sont donc bien différentes de celles du colostrum, et il est permis de penser *a priori* que l'épithélium mammaire doit fonctionner différemment suivant qu'on le considère immédiatement avant ou après la parturition, lorsqu'il sécrète du colostrum, ou assez longtemps après le part, lorsqu'il donne du lait normal.

Bien des théories ont été mises en avant pour expliquer le mode de sécrétion du lait ; nous allons les exposer rapidement.

Nasse[1] a voulu expliquer la formation des globules gras par la dégénération graisseuse des corpuscules du colostrum. Pour lui, dans la glande en pleine activité, les corpuscules subiraient rapidement la dégénération graisseuse, deviendraient en grande partie des globules gras, au lieu de rester tels qu'ils sont au moment où la sécrétion s'établit.

Reinhardt[2] a réfuté cette théorie. Il n'a en effet pas trouvé, dans la mamelle d'une femme en pleine lactation, des corpuscules du colostrum en voie de dégénération graisseuse dans les acini et dans les canaux excréteurs.

Kölliker[3] compare le fonctionnement de la mamelle à celui des glandes sébacées. Pour lui, le lait, tel qu'on le trouve dans les vésicules glandulaires, se compose uniquement de sérosité et de cellules de graisse. La vésicule est complètement remplie par ces cellules, qui se multiplient à la périphérie et contiennent de la graisse. A ces cellules, Kölliker donne le nom de cellules du lait, et il admet qu'elles se détruisent tellement bien dans les canaux galactophores que l'on n'y retrouve plus que les globules du lait, sans aucune trace de la membrane cellulaire, ni le plus souvent de noyau.

La sécrétion du lait consiste donc pour lui dans la formation de sérosité et de cellules adipeuses dans les vésicules glandulaires, et doit, en conséquence, être rangée avec les sécrétions dans lesquelles les éléments cellulaires jouent un certain rôle. C'est absolument ce qui a lieu dans la formation des produits graisseux, ce que l'on voit s'effectuer si nettement dans les glandes sébacées où l'on rencontre des cellules en tous points semblables à celles des vésicules glandulaires de la mamelle.

L'analogie entre les glandes sébacées et la glande mammaire est donc nettement établie par Kölliker.

Avant lui, Will[4] avait admis la même théorie.

[1] Nasse ; *loc. cit.*
[2] Reinhardt ; *loc. cit.*
[3] Kölliker ; *loc. cit.*
[4] Will ; *loc. cit.*

Kolessnikow[1], dans un travail sur la structure histologique de la mamelle de la vache, décrit dans les acini un épithélium cylindrique ou cubique et signale sous cette couche épithéliale de petites cellules rondes, pressées les unes contre les autres, qu'il compare à celles que l'on rencontre dans la même situation dans la glande sous-maxillaire. Il a aussi trouvé dans certains alvéoles un *épithélium stratifié*, dont les cellules épithéliales avoisinant la cavité glandulaire sont plus volumineuses que celles qui sont appliquées sur la membrane propre et contiennent des gouttelettes graisseuses. Dans une de ses figures, il représente un épithélium formé par trois couches de cellules.

Cet auteur donne donc une description de la mamelle qui rappelle celle des glandes sébacées. Nous n'avons pu trouver dans nos coupes les petits amas cellulaires dont il parle et dont la disposition serait semblable à celle des croissants de Gianuzzi de la glande sous-maxillaire. Il nous a été aussi toujours impossible d'apercevoir l'épithélium stratifié qu'il décrit et figure.

Pour Kehrer[2], l'épithélium de la mamelle est simple, mais les cellules se détruisent après s'être remplies de graisse.

H. Schmid[3] ne croit pas que la multiplication des cellules épithéliales se fasse comme dans les glandes sébacées ; comme Heidenhain, il place les globules gras dans la partie la plus interne du protoplasma.

Pour Stricker[4], les cellules épithéliales ne subissent pas une fonte totale ; elles fabriquent des globules graisseux qu'elles expulsent, sans succomber après avoir rempli cette tâche.

Langer[5] est aussi de cet avis. Il prétend que les gouttelettes graisseuses prennent naissance dans la partie de la cellule avoisinant la lumière alvéolaire, que celle-ci se détruit et laisse

[1] Kolessnikow ; *Die Histologie der Milchdrüse der Kuh u. s. w.* Virchow's Archiv, Band LXX, 1877.

[2] Kehrer ; *loc. cit.*

[3] Schmid ; *Zur Lehre der Milchsecretion.* Würzburg 1877.

[4] Stricker ; *loc. cit.*

[5] Langer ; *loc. cit.*

partir la graisse. La cellule ne meurt pas pour cela et continue ensuite à fabriquer des globules graisseux comme par le passé.

Ultérieurement, Rauber [1] a émis une opinion très différente de celle des auteurs précédents. Il considère le lait comme résultant en partie de la dégénération graisseuse et de la fonte des leucocytes émigrés dans les alvéoles.

Nous lui objecterons, avec Heidenhain, que les leucocytes sont très peu nombreux dans le tissu conjonctif interstitiel et dans les alvéoles pendant la sécrétion du lait. En outre, les coupes examinées à un fort grossissement ne présentent jamais les figures que Rauber a décrites et dessinées.

Dans son article sur la *Morphologie de la sécrétion du lait*, Heidenhain [2] a exposé les résultats de ses recherches et ceux de son élève C. Partsch [3] sur l'épithélium de la mamelle. Ces deux auteurs ont trouvé dans les alvéoles un épithélium simple, dont la forme est très variable.

A un moment donné, les cellules épithéliales sont très aplaties, et une coupe passant par le milieu d'un cul-de-sac permet de leur distinguer un protoplasme clair dans lequel il y a un noyau ovoïde. Les contours cellulaires sont peu nets. Si la coupe sectionne le cul-de-sac près de son fond, les cellules sont alors polygonales et possèdent un noyau arrondi. En combinant les figures données par les deux sortes de coupes, on conçoit que les cellules sont peu élevées et polyédriques et que les noyaux sont arrondis et aplatis. Il y a, dans le protoplasme, des figures circulaires correspondant aux globules gras dissous par l'essence de térébenthine et le baume de Canada.

Dans la lumière des alvéoles, il existe un coagulum granuleux de caséine, des globules gras dont quelques-uns sont coiffés par une sorte de calotte se colorant intensivement par le brun de Bismark ; en outre de tous ces éléments, on rencontre encore çà

[1] Rauber ; *loc. cit.*

[2] Heidenhain ; *loc. cit.*

[3] C. Partsch ; *Ueber der feineren Bau der Milchdrüse.* Breslau 1880.

et là une cellule avec un noyau et un protoplasme clair, légèrement granuleux.

L'aspect des cellules ayant acquis un développement important est tout autre. Elles sont hautes et reposent par un pied plus ou moins large sur la membrane propre; elles possèdent un, deux et même trois noyaux et quelques gouttelettes graisseuses généralement situées dans la portion du protoplasme avoisinant la cavité de la vésicule glandulaire. Ces globules graisseux sont séparés de la lumière alvéolaire par une étroite bande de protoplasme, ou une de leur moitié est libre et l'autre est en rapport avec la cellule.

Des portions de protoplasme se séparent aussi du corps cellulaire et tombent dans la cavité de l'acinus.

Entre les deux formes extrêmes de cellules épithéliales dont il vient d'être parlé, on rencontre toutes les phases intermédiaires de développement possibles. Il y a, par exemple, des cellules cylindriques surbaissées ou cubiques pourvues d'un noyau sphérique, et contenant quelques globules graisseux faisant plus ou moins saillie dans la lumière de l'alvéole.

La morphologie de la sécrétion du lait peut se faire en considérant les différentes cellules décrites plus haut. Les grandes cellules sont à leur maximum de développement et contiennent, de préférence dans leur partie centro-acineuse, des gouttelettes de graisse. Lors de la sécrétion, cette dernière partie de la cellule se détache en entraînant avec elle les gouttelettes de graisse et subit une fonte. Il arrive assez souvent que certains globules sont recouverts sur une partie de leur surface par un peu de protoplasme, colorable par le brun de Bismark, qui les recouvre à la façon d'une calotte. Si des noyaux se trouvent dans la portion de cellule en voie de séparation, ils tombent dans la cavité de l'alvéole, où on les retrouve avec le produit de sécrétion. Ils se détruisent alors, et on ne les constate que très exceptionnellement dans le lait.

Les recherches de Heidenhain et de son élève Partsch sont

beaucoup plus précises que toutes celles que nous avons rapportées précédemment. Elles ne sont cependant pas complètes et elles ont permis à quelques histologistes de mettre en relief certains détails qui leur ont échappé.

Nissen[1] a voulu rechercher le rôle joué par le noyau dans la sécrétion du lait, et il a surtout étudié la mamelle de la chienne. Dans une cellule il a vu deux noyaux, dont l'un était normal et rapproché de la membrane propre, et l'autre, situé dans la partie interne du protoplasme (par rapport au centre de l'acinus), ne possédait plus ni filaments nucléaires, ni nucléoles. Sa chromatine était refoulée à la périphérie et divisée en plusieurs segments. La partie médiane de ce même noyau était claire, et tout autour de lui il existait une zone sphérique de protoplasme séparée du reste de la cellule par une ligne courbe plus claire.

Une cellule voisine possédait aussi deux noyaux ; le plus rapproché de la membrane propre avait une structure normale, mais l'autre présentait à sa périphérie deux segments de chromatine. Dans son voisinage quelques grains de chromatine étaient aussi répartis dans le protoplasme.

Les noyaux ainsi modifiés ne se trouvaient généralement pas dans les cellules, mais dans les lumières des alvéoles dont l'épithélium était aplati et renfermait un coagulum. Certains de ces noyaux avaient toute leur chromatine amassée à la périphérie, d'autres étaient seulement représentés par quelques fragments de substance nucléaire.

Nissen n'a pu trouver une seule figure de mitose dans les cellules épithéliales.

En résumé, d'après cet auteur, les noyaux situés dans la partie la plus interne de la cellule abandonnent l'épithélium avec un peu de protoplasme et ne tardent pas à subir un processus spécial de dégénération, qu'il est donné d'observer parfois dans

[1] Nissen ; *Ueber das Verhalten der Kerne in den Milchdrüsenzellen u. s. w.* Archiv für Mikroskopische Anatomie. Band XXVI, 1886.

une cellule. Ils perdent leur structure normale ; leur chromatine forme quelques segments périphériques qui se séparent et se dissolvent dans le produit de sécrétion.

Il existe donc, pendant la sécrétion du lait, une destruction de noyaux, et la nucléine parvient ainsi dans le produit de sécrétion où elle se combine avec l'albumine, si l'on en croit la théorie d'Hammersten, pour donner naissance à la nucléo-albumine ou caséine.

Flemming a aussi rencontré une fonte des noyaux de l'épithélium granuleux du follicule de de Graaf, et il a donné à ce phénomène le nom de *chromatolyse*. Nissen propose d'adopter aussi ce terme pour désigner la fonte des noyaux dans la mamelle.

Coën [1] a étudié la glande mammaire d'une femelle de cobaye, trois jours après la parturition. Les acini étaient nombreux et avaient des dimensions plus fortes qu'au repos. Des vésicules glandulaires possédaient deux ou trois couches de cellules, et certaines d'entre elles étaient complètement remplies par un épithélium cubique et n'avaient plus de lumière. Les cellules contenaient un ou deux noyaux, et les figures karyokinétiques étaient aussi fréquentes dans l'épithélium simple que dans l'épithélium stratifié. Le protoplasme était, en général, finement granuleux et rempli par des gouttelettes de graisse plus ou moins nombreuses refoulant le noyau à la périphérie et le cachant même complètement.

Dans quelques acini, les limites du protoplasme avaient disparu ; au lieu de cellules, on constatait dans la lumière des alvéoles un coagulum granuleux, des gouttelettes graisseuses et des noyaux stéatosés.

Ainsi pour Coën, les cellules de la périphérie, se multipliant, refoulent celles qui sont plus âgées dans la cavité du cul-de-sac, où leur protoplasma et leurs noyaux subissent une dégénération

[1] Coën ; *loc. cit.*

graisseuse. Il abandonne la manière de voir de Partsch et de Heidenhain et revient aux idées des anciens auteurs, bien à tort selon nous, et probablement parce qu'il a examiné des coupes trop épaisses lui fournissant l'illusion d'un épithélium stratifié. Nous n'avons, en effet, jamais pu constater, chez le cobaye, l'épithélium à plusieurs couches, dont Coën parle avec tant d'assurance.

La hauteur de l'épithélium dépendrait, d'après Stöhr[1], de l'état de réplétion des acini. Dans un alvéole vide, les cellules seraient cylindriques et dans les culs-de-sac distendus par le produit de sécrétion elles s'aplatiraient. Cet auteur ne sait pas comment les globules graisseux prennent naissance, mais pour lui les cellules ne se détruisent pas pendant la formation du lait. La graisse se formerait peut-être dans les cellules glandulaires pour tomber ensuite dans la cavité des vésicules glandulaires.

Tout récemment, Steinhaus a fait, avec la méthode d'Altmann, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, des recherches sur les granulations du protoplasma des cellules épithéliales de la mamelle. Au moment où la sécrétion du lait s'établit, il a vu de nombreux phénomènes se produire dans l'épithélium.

En premier lieu, le protoplasma s'accroît beaucoup et devient très important par rapport au noyau ; sa partie centro-acineuse, de rectiligne qu'elle était à l'état de repos, prend progressivement une forme demi-sphérique. Simultanément, les figures karyokinétiques apparaissent et l'axe de division du noyau est généralement situé parallèlement à la membrane propre. Le protoplasma ne se divisant pas, les cellules deviennent binucléées et les noyaux ne sont généralement pas placés à côté l'un de l'autre, mais superposés.

Les cellules s'accroissent progressivement et en même temps les lumières des alvéoles deviennent de moins en moins appréciables.

[1] Stöhr ; *loc. cit.*

Les noyaux subissent aussi une dégénération graisseuse. Il existe d'abord dans la substance nucléaire de petites vacuoles dont les dimensions augmentent peu à peu, et finalement il ne reste plus du noyau que la membrane doublée par un peu de chromatine. Dans les cellules à deux noyaux, c'est généralement le plus rapproché de la lumière de l'alvéole qui est vacuolaire. Ces vacuoles renferment de la graisse, car dans les préparations fixées avec la liqueur de Flemming elles sont fortement colorées en noir.

Au repos, les granulations fuchsinophiles se groupent en petit nombre autour du noyau, mais dans les cellules en activité elles s'accroissent rapidement en même temps que le protoplasma prend de l'extension. Il est difficile de dire si ces granulations se forment de toutes pièces ou par la division de celles qui existent déjà.

Au lieu d'être sphériques, comme dans l'épithélium au repos, ces granulations sont ici d'abord ovoïdes, elles se multiplient ensuite et changent de forme pendant l'accroissement de la cellule. Elles se présentent d'abord sous la forme d'un bâtonnet, qui finit par s'enrouler sur son axe et donne alors naissance à des sortes de spirilles.

Dans son ouvrage sur les *organismes alimentaires*, Altmann[1] a décrit des modifications morphologiques subies par les granulations du foie de la grenouille à différents états de nutrition. Ainsi, dans le foie d'une bête mal nourrie, les granulations sont sphériques, et elles deviennent de longs filaments dans l'organe hépatique d'un animal bien alimenté. Dans un état intermédiaire de nutrition, elles sont ovoïdes ou prennent la forme de petits ou de longs bâtonnets et même parfois de véritables filaments.

Dans la mamelle, Steinhaus a retrouvé toutes ces modifications. Dans la glande au repos les granulations sont sphériques, dans l'épithélium en activité elles deviennent filamenteuses, et

[1] Altmann; *loc. cit.*

il se demande si ces transformations sont en rapport avec les changements de nutrition des cellules.

Nous en sommes arrivés, dans la description des phénomènes de la sécrétion, à observer des cellules ayant acquis de grandes dimensions, avec un protoplasme rempli de spirilles fuchsinophiles, contenant quelques gouttelettes graisseuses et beaucoup de noyaux stéatosés. Le rejet, dans la lumière alvéolaire, des produits sécrétés s'effectue alors, et ce phénomène est très difficile à décrire.

Steinhaus n'a pu réussir, ni par l'observation de cellules vivantes, ni par l'examen de coupes bien fixées, à rencontrer des figures pouvant rendre compte de tous les détails de ce processus.

Il a vu la partie protoplasmique centro-acineuse se détacher de la cellule avec ses granulations, ses gouttelettes graisseuses, ses noyaux engraissés et devenir libre dans la cavité du cul-de-sac, et dans celle-ci il a seulement retrouvé des granulations sphériques et non des filamenteuses. Les granulations retournent donc, aussitôt après leur séparation de la cellule, à leur forme originelle et se dissolvent ensuite dans le produit de sécrétion.

Dans les cellules restées adhérentes à la paroi il n'y a plus aussi que des granulations sphériques et des noyaux normaux; elles sont alors cylindriques surbaissées, souvent même aplaties. Peu à peu elles grossissent, leurs granulations deviennent plus nombreuses et se groupent autour du noyau.

Lors de la séparation des produits de sécrétion, les noyaux s'étaient aussi amoindris, mais peu à peu ils reviennent à leur grosseur habituelle.

Chez une femelle de cobaye en pleine lactation, Steinhaus a observé un type de cellule aberrant. Les granulations étaient toutes remplacées par des gouttelettes graisseuses très fines, et il se demande si dans ces cellules les granulations fuchsinophiles ne se sont pas transformées en graisse.

En résumé, les différents auteurs que nous avons cités comprennent très différemment le mode de sécrétion du lait.

Pour les uns, la glande mammaire fonctionne comme une glande sébacée ; les cellules qui sont immédiatement appliquées contre la paroi se multiplient et repoussent les plus âgées dans la cavité de l'acinus, où elles se remplissent de granulations graisseuses qui finissent par les distendre. Ces cellules, devenues globuleuses, se détruisent alors et se dissolvent dans le produit de sécrétion.

D'autres auteurs, ayant trouvé un épithélium à une seule couche dans les alvéoles, ont abandonné cette manière de voir. Pour eux, les cellules ne meurent pas, mais fabriquent de la graisse qu'elles expulsent ensuite dans la lumière alvéolaire.

Enfin, pour certains histologistes, les cellules perdent la portion centro-acineuse de leur protoplasme après avoir atteint de très fortes dimensions. Cette partie entraîne, en se détachant, des globules graisseux et des noyaux dans la cavité du cul-de-sac où elle subit une fonte et contribue ainsi à former le lait.

Nous trouvant en présence de trois théories aussi différentes, il nous a paru que les recherches nouvelles pourraient peut-être apporter un peu de lumière dans ce sujet si obscur, et c'est dans ce but que nous avons entrepris celles que nous allons maintenant exposer.

Pour étudier les modifications épithéliales pendant la sécrétion du lait, nous avons choisi de préférence la mamelle de la femelle du cobaye, dont les cellules sont relativement volumineuses et assez faciles à examiner. Nous avons complété nos observations en passant en revue les glandes mammaires de la vache, de la lapine, de la brebis et de la chienne, et à notre grand regret, n'ayant pu nous procurer des pièces suffisamment bien conservées, nous avons été obligé de négliger l'étude de l'épithélium de la mamelle de la femme.

Les figures de la Pl. II ont été dessinées d'après des coupes faites avec la mamelle du cobaye, fixées par la liqueur de Flemming et colorées par la safranine et l'acide picrique.

L'épithélium (Pl. II, fig. 1) est formé par des cellules aplaties, peu distinctes les unes des autres, à protoplasma clair et à peine granuleux. La membrane centro-acineuse de ces cellules est bien nette et sensiblement rectiligne. Une cellule (a), dont le protoplasme est un peu nuageux, émerge au-dessus de la limite commune et possède un noyau sphérique. Les noyaux des cellules voisines sont ovoïdes, à grand axe placé parallèlement à la membrane propre et assez éloignés les uns des autres.

Le protoplasme ne contient pas encore de gouttelettes graisseuses, mais dans beaucoup d'autres alvéoles nous les avons souvent vues apparaître à cette période du développement de l'épithélium. Elles sont alors petites, situées le plus souvent entre les noyaux ou dans la portion très réduite de protoplasme qui se trouve comprise entre le noyau et la lumière alvéolaire.

Dans les cavités des culs-de-sac possédant l'épithélium aplati qui vient d'être décrit, nous avons toujours rencontré un coagulum granuleux, contenant d'assez nombreuses gouttelettes de graisse et quelques noyaux libres.

Dans un autre alvéole (Pl. II, fig. 2), le protoplasme des cellules s'est accru et présente un volume important si on le compare à celui du noyau. Les cellules sont mononucléaires ou binucléaires et leurs noyaux sont riches en chromatine, sphériques ou ovoïdes, plus volumineux que dans la figure 1. Les karyomitoses sont assez fréquentes à cette période de développement de l'épithélium, et nous avons surtout rencontré les formes mitotiques étoilées. La division du protoplasme ne succédant pas à celle du noyau, des cellules binucléaires apparaissent (Pl. II, fig. 2 *a*, *b*). Les deux noyaux sont le plus souvent superposés et disposés de telle façon que la ligne qui résulte de la somme de leurs deux diamètres soit perpendiculaire à la membrane propre (Pl. II, fig. 2 *b*) ; il arrive aussi que cette même ligne reste parallèle à la paroi de l'alvéole (Pl. II, fig. 2 *a*). Cette dernière disposition est même assez fréquente, si l'épithélium n'a pas encore atteint de fortes dimensions.

Dans la lumière de l'alvéole, les membranes sont bien visibles et sont généralement curvilignes, surtout si les cellules sont binucléaires. Les limites intercellulaires ne sont pas encore très appréciables.

Le protoplasme est plus granuleux que celui de l'épithélium à l'état de repos et présente des gouttelettes de graisse en nombre assez restreint. Ces gouttes colorées en noir par l'acide osmique sont généralement rapprochées de la lumière de l'alvéole et n'en sont même séparées que par une petite couche de protoplasme (Pl. II, fig. 2 *a*, *b*).

Un coagulum granuleux occupe la cavité de la vésicule glandulaire, il contient quelques gouttelettes de graisse sphériques et aussi un noyau libre (Pl. II, fig. 2 *c*). Ce noyau est clair et possède encore une membrane, mais sa chromatine est diffuse. Il n'est pas entouré par du protoplasme, et il est en rapport immédiat avec le coagulum dans lequel il est contenu.

Nous avons souvent aperçu des noyaux de ce genre, dans les lumières d'autres acini, n'ayant plus aucune connexion avec les cellules épithéliales. Les uns ont encore un ou deux nucléoles, un réseau nucléaire bien visible, une membrane non douteuse et sont entourés d'une petite zone de protoplasme fin, granuleux, ressemblant en tous points à celui de l'épithélium et bien colorable en jaune par l'acide picrique. Il nous est aussi arrivé de trouver au milieu du produit de sécrétion quelques cellules à deux noyaux dont le protoplasme avait pris une forme sphérique et contenait des gouttelettes graisseuses. Dans certains noyaux libres, il n'est pas rare de voir de petites masses de graisse colorées en noir par l'acide osmique.

L'origine de tous ces noyaux, plus ou moins entourés de protoplasme, sera expliquée plus tard avec détails, mais il nous paraît bon de réfuter ici la théorie de Rauber. Cet auteur prétend, ainsi que nous le savons déjà, que les leucocytes immigrés dans l'intérieur des alvéoles jouent le principal rôle dans la sécrétion du lait. Pour lui, les globules blancs se tuméfieraient, subiraient

la dégénération graisseuse et se liquéfieraient. Nous ne pouvons accepter cette manière de voir, car nous n'avons jamais aperçu avec des grossissements suffisants, les figures décrites par cet auteur, et les noyaux plus ou moins entourés de protoplasme que nous avons rencontrés n'ont pas la moindre ressemblance avec ceux des leucocytes.

Nous n'avons pas non plus observé l'épithélium stratifié que Coën a décrit dans la mamelle de la femelle du cobaye en pleine activité. Des coupes trop épaisses ou passant par le voisinage du fond d'un cul-de-sac peuvent sans doute expliquer l'erreur dans laquelle cet auteur est tombé.

L'épithélium, continuant à s'accroître, finit par atteindre le maximum de son développement. Le protoplasme est alors abondant, les noyaux sont volumineux et sphériques.

Les cellules arrivées à cet état (Pl. II, fig. 3) ont le plus souvent deux noyaux et contiennent des gouttelettes graisseuses, qui s'accumulent le plus ordinairement dans la partie du protoplasme la plus rapprochée de la lumière alvéolaire.

Ces gouttelettes ne sont pas volumineuses, mais leur diamètre est cependant des plus variables, et les plus fortes paraissent résulter de la conglomération des plus petites entre elles.

Le protoplasma est granuleux et entouré par une membrane bien visible.

Il existe une cellule (Pl. II, fig. 3 *a*) qui est peu élevée, mal délimitée, surtout du côté de la lumière alvéolaire, et dépourvue presque complètement de globules gras. Cette cellule est incomplète ; elle est en effet privée d'une partie de son protoplasme, qui s'est détachée à un moment donné en entraînant les globules graisseux qu'elle contenait et peut-être aussi un noyau. Nous étudierons bientôt avec tous les détails nécessaires le phénomène de la séparation dont nous venons de parler.

L'épithélium acquiert progressivement les fortes dimensions dont il vient d'être question et, sur les coupes, entre les cellules des figures 2 et 3 il est fréquent d'en rencontrer d'autres qui

sont à un état intermédiaire de développement. Dans certaines cellules épithéliales déjà volumineuses nous avons eu l'occasion d'apercevoir de très belles figures karyokinétiques. Il nous paraît même intéressant de faire remarquer que les phénomènes de la division nucléaire peuvent se manifester dans l'épithélium dont nous nous occupons à un moment où les cellules ont déjà acquis une très belle taille.

Aussi les cellules arrivées au maximum de leur développement (Pl. II, fig. 3) sont-elles pourvues généralement de deux noyaux disposés dans le sens de l'axe longitudinal de la cellule.

Ces noyaux peuvent rester tangents ou s'écarter l'un de l'autre et, dans ce dernier cas, l'un d'eux se loge à la base de la cellule et l'autre va occuper la portion centro-acineuse du protoplasme.

Les gouttelettes graisseuses ne sont ordinairement pas nombreuses, ni très volumineuses dans ces grandes cellules, et les alvéoles qui en sont tapissés ne contiennent pas de produit de sécrétion.

Il arrive aussi que les cellules ont une évolution un peu différente de celle dont il vient d'être question. Elles fabriquent de la graisse en si grande quantité que leur protoplasme et leur noyau sont refoulés à la périphérie (Pl. II. fig. 4). La surface interne de la membrane est alors recouverte par une mince couche de protoplasme dans laquelle on trouve le noyau en forme de croissant avec des filaments nucléaires ayant perdu de leur netteté par suite de la compression qu'ils ont subie. L'énorme vacuole (Pl. II, fig. 4) occupant le centre de la cellule était remplie par de la graisse qui a été dissoute par le toluène. Ces grosses masses de graisse prennent peu à peu naissance, et il est facile d'assister à leur formation en examinant les coupes. Dans quelques cellules épithéliales les gouttelettes sont réparties dans toute l'étendue du protoplasme; elles deviennent plus volumineuses dans les cellules voisines et en se fusionnant elles arrivent à constituer une goutte remplissant presque toute la cellule et refoulant tous les autres éléments.

Cette transformation graisseuse ne permet pas à la cellule où elle s'effectue d'acquérir des dimensions très importantes, et cette dernière reste plus petite que celles qui fabriquent peu de graisse (Pl. II, fig. 3). Ces cellules grasses sont généralement uninucléées, mais elles sont parfois pourvues de deux noyaux. Elles ne sont pas isolées, chez la femelle du cobaye, dans des alvéoles particuliers, mais elles sont placées à côté de celles qui, tout en atteignant un fort volume, fabriquent peu de graisse.

Chez certaines femelles de cobaye, et nous n'en saurions donner la raison, il nous a été impossible de constater la présence de ces cellules extrêmement stéatosées.

La membrane d'enveloppe se rompt à un moment donné et le globule graisseux s'échappe dans la cavité du cul-de-sac en entraînant avec lui une partie de la mince couche de protoplasme qui le recouvre. Ces globules gras existent en abondance dans certaines mamelles, et ils constituent les plus volumineux éléments de ce genre qu'il nous ait été donné d'étudier. La cellule, ainsi débarrassée de son globule graisseux, est encore constituée par son noyau et son protoplasme, dont les limites sont fort irrégulières.

La portion centro-acineuse de la membrane des cellules parvenues au summum de leur développement (Pl. II, fig. 3) se détruit à un moment donné, et le contenu intra-cellulaire n'étant plus maintenu s'échappe partiellement dans la cavité de la vésicule glandulaire (Pl. II, fig. 5).

La cellule (*a*) contient encore un noyau, mais son protoplasme est très clair et a des limites diffuses. En (*b*) la destruction cellulaire est moins prononcée, et on distingue nettement les granulations protoplasmiques qui quittent la cellule et tombent dans la lumière de l'alvéole. En (*c*) la fonte est très accentuée, et une partie du noyau est même en rapport direct avec la lumière de l'alvéole. Les cellules voisines (*d*, *e*) représentent le premier terme du processus et sont encore pourvues de leurs deux noyaux.

Les gouttelettes graisseuses sont aussi mises en liberté et

accompagnent les granulations protoplasmiques dans la cavité du cul-de-sac (*b, d, e*).

Certains noyaux abandonnent aussi la cellule ; le plus souvent les cellules binucléées n'en perdent qu'un, et il en reste alors un autre entouré d'un peu de protoplasme adhérant à la membrane propre.

Parfois le noyau d'une cellule uninucléée ou les deux noyaux d'une cellule suivent le protoplasme et les globules graisseux ; on n'observe plus après leur départ qu'un léger nuage protoplasmique fixé à la membrane propre. Une destruction cellulaire aussi prononcée est, à la vérité, exceptionnelle. Ordinairement, les cellules binucléées perdent un noyau, les uninucléées gardent le leur, et, comme résultat final, on a des alvéoles dont la paroi est tapissée par des cellules épithéliales très aplaties, à protoplasme clair, dont la partie libre est très irrégulièrement festonnée (Pl. II, fig. 1 *a*).

Parfois même la fonte du protoplasme est telle que le noyau est en rapport direct avec la lumière alvéolaire.

Les noyaux s'engraissent aussi et il en est (Pl. II, fig. 6) qui arrivent au maximum de la stéatose. Le globule graisseux refoule la chromatine à la périphérie, et cette dernière se présente alors sous la forme d'un mince liséré fortement coloré par la safranine.

Les noyaux n'arrivent pas fréquemment à un état d'engraissement aussi marqué, mais ils présentent souvent de petites gouttelettes graisseuses réparties irrégulièrement dans leur substance.

Le noyau stéatosé, dans les cellules binucléaires, est généralement situé dans la portion centro-acineuse du protoplasme et il est entraîné dans la cavité du cul-de-sac lors de la rupture de la membrane.

La destruction partielle des cellules peut encore être plus marquée (Pl. II, fig. 7).

La cellule (*f*) est très élevée, large, pourvue de deux noyaux



volumineux et a perdu sa membrane. Aussi son protoplasme, n'étant plus contenu, commence-t-il à se détruire sur ses bords. La cellule (*a*) présente aussi des prolongements très déliés et très clairs, qui sont manifestement en voie de fonte. En (*b*) un noyau est entraîné par du protoplasme qui n'est plus réuni à la base de la cellule que par un prolongement très irrégulier et très clair ; cette base est encore pourvue d'un noyau et constitue une cellule complète. Dans la cellule (*c*) les phénomènes de séparation dont il vient d'être parlé sont encore plus prononcés. Le noyau est presque libre dans la lumière alvéolaire et est seulement entouré par un peu de protoplasme dont la fonte est manifeste à la périphérie. Les cellules (*d*, *e*) ne possèdent plus qu'un seul noyau entouré par un protoplasme très clair. Elles ont déjà perdu le second noyau qu'elles possédaient, une bonne partie de leur protoplasme et les quelques globules graisseux qu'elles contenaient.

Avec les fig. 5 et 7, nous pouvons aisément comprendre la destruction partielle des cellules de la mamelle. Tantôt elles se vident en partie après la rupture de leur membrane (fig. 5) et tantôt il y a une séparation d'une portion de leur substance (fig. 7). Dans l'un et l'autre cas, un noyau et du protoplasme restent accolés à la membrane propre, et il est tout à fait exceptionnel que la cellule soit entièrement détruite.

Tous les éléments qui se sont séparés de la cellule se retrouvent dans les cavités des culs-de-sac et dans les canaux excréteurs. Le protoplasme subit une fonte complète (Pl. II, fig. 7 *g*) et contribue probablement à former la caséine ; les noyaux présentent aussi des altérations (Pl. II, fig. 2 *c*) qui aboutissent à leur fragmentation et à leur disparition totale, car on ne les retrouve pas dans le lait normal. Il est possible que la nucléine qu'ils fournissent se combine avec l'albumine du protoplasme pour donner naissance à de la nucléo-albumine, qui serait, si l'on en croit Hammersten, de la caséine. Nissen[1] a fait cette hypo-

[1] Nissen ; *loc. cit.*

thèse et a admis, pour désigner cette destruction des noyaux, le terme de *chromatolyse*, ainsi que nous l'avons déjà indiqué plus haut.

Les cellules restées adhérentes à la membrane propre forment bientôt un épithélium aplati (Pl. II, fig. 1), dont les noyaux deviennent ovoïdes, sans doute sous l'influence de la pression qu'exerce sur eux le produit de sécrétion. Ces noyaux sont manifestement plus petits que ceux qui appartiennent aux cellules ayant atteint leur maximum de développement, ce qui semble prouver que leur volume diminue lors de la destruction partielle dont il a été question plus haut.

Ces noyaux ne tardent pas à se multiplier (Pl. II, fig. 2 *a*, *b*) et les cellules binucléaires apparaissent. Il arrive aussi que la division du protoplasme accompagne celle du noyau et dans ce cas le plan de division de ce dernier est situé perpendiculairement à la membrane propre, les cellules filles sont placées à côté l'une de l'autre et servent à remplacer celles qui ont été complètement détruites.

Les cellules continuent à s'accroître et présentent successivement les phénomènes sur lesquels nous venons d'insister si longuement.

Nous avons aussi étudié les transformations subies par l'épithélium mammaire de la *vache* pendant la lactation, et les phénomènes que nous avons constatés sont sensiblement les mêmes que ceux qui ont été décrits chez la femelle du cobaye. Nous pourrons donc abréger nos descriptions, et la planche III servira à les mieux faire comprendre.

Nous n'avons pu découvrir l'épithélium stratifié que Kolessnikow a décrit dans cette mamelle; l'épithélium est en effet toujours simple et constitué par des cellules qui sont, à un moment donné, aplaties (Pl. III, fig. 1), claires, pourvues de noyaux ovoïdes, assez riches en chromatine. Les limites cellulaires ne sont pas encore appréciables à ce moment de l'évolution de l'épithélium. Ce dernier s'accroît (fig. 2), les noyaux

deviennent sphériques et le protoplasma contient des gouttelettes graisseuses déjà volumineuses.

Les cellules possèdent bientôt une membrane très nette (fig. 3), un noyau sphérique, riche en chromatine, peu important relativement au protoplasme, qui est clair, finement granuleux et contient de petites gouttelettes graisseuses généralement situées dans sa partie libre.

A un stade ultérieur (fig. 4), les cellules deviennent encore plus volumineuses, renferment quelques gouttelettes de graisse et un ou deux noyaux. Les figures karyokinétiques ne sont pas rares non plus, mais elles sont toujours infiniment moins belles que chez la femelle du cobaye. Les deux noyaux d'une même cellule peuvent se placer de telle façon que la somme de leurs deux diamètres soit perpendiculaire ou parallèle à la membrane propre.

Les cellules, continuant à s'accroître, atteignent bientôt le maximum de leur développement (fig. 5). Les membranes se détruisent alors et la fonte cellulaire s'effectue comme chez le cobaye.

Dans certains acini, les cellules s'engraissent complètement (fig. 9). La graisse refoule à la périphérie le protoplasme et le noyau, qui prend alors les formes les plus variables suivant la situation qu'il occupe dans la cellule. Si la membrane cellulaire se rompt, la grosse gouttelette graisseuse s'échappe (fig. 10) et devient libre dans la cavité du cul-de-sac.

Dans les lumières alvéolaires, il y a un produit de sécrétion formé par un coagulum, quelques noyaux et des gouttelettes de graisse.

Chez la vache, les cellules de la mamelle subissent donc sensiblement la même évolution que chez le cobaye, mais leur structure est plus délicate, ce qui les rend peut-être plus difficiles à étudier.

La *brebis* possède un épithélium mammaire qui s'accroît et se détruit comme ceux de la vache et de la femelle du cobaye.

Quelques alvéoles sont tapissés par des cellules épithéliales

peu élevées, uninucléées et dans leur lumière il y a un coagulum avec des globules graisseux et quelques noyaux déformés.

Dans d'autres vésicules glandulaires, les cellules épithéliales sont cubiques, uninucléées ou binucléées et dans leur protoplasme il y a des gouttelettes graisseuses. Les noyaux sont petits, sphériques, à un ou plusieurs nucléoles. Ils se multiplient pendant que le protoplasme s'accroît, et les alvéoles sont bientôt tapissés par un épithélium cylindrique simple. Les globules gras augmentent aussi de nombre et se placent le plus ordinairement dans la portion libre du protoplasme.

Dans certains acini voisins, les cellules atteignent une longueur très considérable. Elles sont alors arrivées au maximum de leur développement et elles ne vont pas tarder à subir une fonte partielle.

Ces cellules sont mononucléaires ou binucléaires, suivant que leur noyau s'est divisé ou non, et présentent une ou plusieurs gouttelettes de graisse dans la partie libre de leur protoplasme.

La membrane se détruit bientôt dans sa portion centro-acineuse et le protoplasme s'échappe en entraînant avec lui les globules graisseux et souvent aussi un noyau. Bientôt la membrane propre n'est plus recouverte que par un épithélium aplati ressemblant à celui qui a été décrit au début de cette étude.

Certaines cellules subissent aussi un engraissement total, leur protoplasme et leur noyau sont alors refoulés à la périphérie par la graisse qui prend progressivement naissance.

Chez la *lapine*, nous rencontrons aussi un épithélium bas formé par des cellules très granuleuses, avec des noyaux sphériques ou ovoïdes. Cet épithélium s'accroît progressivement, les limites cellulaires deviennent plus appréciables et les cellules atteignent finalement une longueur qui égale bien sept à huit fois leur largeur. Pendant ce temps, de la graisse se développe dans le protoplasme, et des divisions nucléaires se produisent. Il en résulte que beaucoup de cellules possèdent deux noyaux.

La membrane se rompt enfin à l'extrémité libre de la cellule et une partie du protoplasme, les globules graisseux et souvent un noyau tombent dans la cavité du cul-de-sac. Tous ces éléments se retrouvent aussi dans les canaux excréteurs.

Les débris des membranes cellulaires sont très faciles à observer chez la lapine, infiniment mieux même que chez les animaux dont il a déjà été parlé.

La destruction cellulaire étant seulement partielle, la membrane propre est finalement tapissée par un épithélium aplati, qui n'est autre que celui qui a été décrit au début de cette étude.

Chez la *chienne* les phases du développement des cellules sont identiques à celles que nous avons signalées antérieurement chez les différentes espèces animales dont nous nous sommes occupé, et il nous paraît superflu d'y revenir encore une fois.

Après avoir observé très attentivement la mamelle de la chienne, nous ne pouvons admettre entièrement les vues de Nissen [1] sur la formation du lait. Cet auteur, ainsi que nous l'avons rapporté plus haut, a décrit des formes cellulaires qui existent certainement, mais qui sont exceptionnelles, comme il le fait remarquer lui-même.

A côté des cellules de Nissen, nous en avons trouvé beaucoup d'autres dont les dimensions en longueur sont tout à fait remarquables. Certaines de ces cellules arrivées au maximum de leur développement possédent une membrane déchirée du côté de la lumière de l'alvéole, et par l'orifice qu'elle présente nous avons vu s'échapper du protoplasme, des globules graisseux, parfois un noyau. C'est en définitive ce qui se passe chez la cobaye (Pl. II, fig. 5), la brebis, la vache et la lapine.

Or ces grandes cellules sont communes, tandis que celles de Nissen sont rares, et il paraît bien difficile d'admettre qu'une sécrétion aussi abondante que celle du lait soit le résultat de phénomènes cellulaires si exceptionnels, que pour les trouver il soit nécessaire de les chercher dans plusieurs coupes.

[1] Nissen ; *loc. cit.*

En outre, Nissen n'a pas aperçu l'engraissement des noyaux chez la chienne. La chromatine est refoulée à la périphérie par la graisse et se présente sous forme de segments isolés, fortement colorés et appliqués contre la membrane. Ces noyaux quittent la cellule à un moment donné, ainsi que nous l'avons rapporté plus haut, et tombent dans la lumière alvéolaire, où ils se fragmentent et forment les segments de chromatine dont Nissen a parlé. Ces segments, à notre avis du moins, proviennent donc le plus souvent des noyaux engraissés et seulement exceptionnellement des formes nucléaires sur lesquelles cet auteur a tant insisté. Il est fort probable que Nissen n'a pas vu les noyaux stéatosés, car il n'a pas pris garde à la dissolution possible des globules gras par le toluène et le baume de Canada.

La mamelle ne fonctionne pas comme une glande sébacée et tous les détails dans lesquels nous sommes entré le démontrent surabondamment.

L'épithélium stratifié signalé par beaucoup d'auteurs n'existe pas dans la mamelle, et la fonte totale et successive de toutes les cellules ne peut pas y être davantage constatée.

Les cellules ne fabriquent pas non plus uniquement de la graisse pour l'expulser ensuite, ainsi que certains auteurs l'ont prétendu, mais elles s'accroissent progressivement et atteignent bientôt d'énormes dimensions. Leur membrane se détruit alors sur une certaine étendue et le contenu cellulaire s'échappe partiellement dans la cavité utriculaire. Il peut arriver aussi qu'une petite masse de protoplasme se détache de la base de la cellule en entraînant avec elle des globules gras et souvent un noyau, mais ce dernier processus nous a paru être moins fréquent que le précédent.

Tous les éléments cellulaires tombés dans la lumière alvéolaire contribuent alors à la formation du lait.

CINQUIÈME PARTIE.

L'ÉPITHÉLIUM MAMMAIRE APRÈS LA SÉCRÉTION DU LAIT.

Les auteurs se sont peu occupés de l'épithélium de la mamelle après la lactation, et il nous a paru intéressant de l'étudier d'une manière plus approfondie que nos prédécesseurs.

Pour Steinhaus[1], les cellules continuent à sécréter dans les premiers jours qui suivent la lactation ; les alvéoles paraissent revenir lentement à la normale et dans beaucoup de vésicules glandulaires les cellules meurent et se transforment en un résidu qui est résorbé. Les lobules diminuent ainsi progressivement, toute la glande rentre en régression et reste dans cet état en attendant qu'une nouvelle gestation la rappelle à l'activité ou que la sénilité amène le dépérissement définitif de presque tous les éléments glandulaires.

Chez une *vache* dont le pis n'avait pas été vidé depuis 48 heures, les alvéoles étaient amplifiés et tapissés par un épithélium aplati dont les noyaux étaient très déformés. Dans les lumières alvéolaires se trouvait un coagulum très abondant contenant de nombreusés gouttelettes graisseuses, souvent volumineuses.

Mais le fait le plus frappant était l'éloignement de la paroi propre de certaines parties de l'épithélium dont les cellules avaient encore des dimensions assez notables. Ces cellules (Pl. III, fig. 6) avaient perdu leur membrane intercellulaire, et leur protoplasme en voie de fonte n'était plus en relation étroite avec la membrane de l'alvéole. Toute cette masse serait tombée dans la cavité de la vésicule glandulaire, si la membrane des cellules n'était pas restée intacte du côté de la lumière alvéolaire et n'avait pas gardé des rapports avec les cellules voisines n'ayant pas subi

[1] Steinhaus; *loc cit.*

les mêmes modifications. Un seul noyau était resté appliqué contre la membrane propre. Cette destruction s'accentuant (Pl. III, fig. 7), tous les éléments des cellules se confondaient et se mélangaient sans ordre. Le protoplasme en voie de fonte était finement granuleux et rare, renfermait des gouttelettes graisseuses et des noyaux dont quelques-uns, très déformés du reste, étaient restés adhérents à la paroi de l'acinus.

Tous ces éléments étaient encore plus indépendants (Pl. III, fig. 8) dans des alvéoles voisins et tombaient dans la cavité du cul-de-sac. Le protoplasme formait un nuage très peu épais, particulièrement délicat, dans lequel les noyaux étaient disséminés sans ordre. Il s'agissait là d'une destruction cellulaire, dont les produits étaient destinés à être résorbés ultérieurement.

Trente heures après le sevrage, dans une mamelle de femelle de *cobaye*, les alvéoles sont distendus et remplis par un coagulum épais et granuleux dans lequel sont contenues de nombreuses gouttelettes de graisse. Les cellules épithéliales sont très aplaties et ont un protoplasme très réduit dont la partie avoisinant la lumière de l'alvéole est très irrégulière. Des cellules épithéliales contiennent aussi de grosses gouttelettes graisseuses refoulant et déformant le noyau ; d'autres cellules ayant perdu leur noyau ne sont plus représentées que par une petite parcelle de protoplasme restée adhérente à la paroi.

Il résulte de cette description que c'est la stéatose, la fonte partielle et parfois totale qui forment les caractères intéressants de la mamelle après la lactation.

Chez la *cobaye*, quinze jours après le sevrage, on peut encore faire sortir quelques gouttelettes d'un liquide lactescent en exprimant le mamelon. A l'examen des coupes, les alvéoles apparaissent très réduits et séparés par du tissu conjonctif abondant, dont les cellules présentent quelques figures mitotiques. Les cellules adipeuses sont redevenues aussi volumineuses qu'à la période de repos de la mamelle et forment quelques gros lobules répartis çà et là dans le tissu conjonctif.

Les lumières alvéolaires très réduites et les canaux excréteurs contiennent des cellules isolées et libres, dont le protoplasme est granuleux et renferme un noyau le plus souvent déformé, parfois même incomplet, mais montrant toujours quelques grains de chromatine. Ces cellules se sont détachées de la membrane propre lors du retrait des acini et sont destinées à être détruites, puis résorbées. L'épithélium est simple, cylindrique surbaissé et ressemble à celui qui a été décrit dans la mamelle au repos, mais les cellules ont un protoplasme granuleux et des noyaux riches en chromatine.

Il n'y a plus de coagulum granuleux dans les conduits excréteurs, et les globules gras y font également défaut, ainsi que dans les cellules épithéliales. Ces éléments, qui étaient très nombreux dans l'observation précédente, ont donc été résorbés.

C'est donc par la résorption de ces produits et par la chute de quelques cellules épithéliales que les alvéoles peuvent diminuer progressivement de dimensions.

Trois semaines après le sevrage, j'ai observé, chez la *lapine*, à peu près les mêmes phénomènes que chez la femelle du cobaye, mais la chute des cellules et leur stéatose étaient peut-être encore plus nettes et plus accentuées. La paroi propre était tapissée par des cellules normales ou remplies de graisse, et dans les canaux excréteurs, les lumières alvéolaires, il y avait des amas cellulaires informes, dont le protoplasme présentait des contours irréguliers et était en voie de fonte. Les noyaux étaient clairs, souvent sans membrane, presque totalement dégénérés.

Quelques semaines après, toutes ces cellules détachées étaient résorbées, et la mamelle, revenue à l'état normal, présentait tout à fait l'aspect de la glande au repos.

Nous avons, chez la *chienne*, observé les mêmes phénomènes.

En résumé, après le sevrage, les cellules épithéliales continuant à fonctionner, les alvéoles sont bientôt distendus par leurs produits de sécrétion. L'épithélium s'aplatit et les noyaux se déforment.

Les produits de sécrétion sont ensuite lentement résorbés, les acini reviennent sur eux-mêmes, pendant que leur épithélium reprend la forme cylindrique surbaissée.

Beaucoup de cellules épithéliales ont une tendance manifeste à fabriquer de la graisse, et certaines d'entre elles sont entièrement stéatosées. Ces dernières abandonnent la paroi, tombent dans la cavité utriculaire et forment des amas souvent fort irréguliers constitués par du protoplasme, des globules gras, des noyaux en voie de dégénération. Ces éléments sont progressivement résorbés, et la glande entrée en régression restera dans cet état si une nouvelle gestation ne la rappelle pas à l'activité ou si la vieillesse n'amène pas le dépérissement de ses acini.

SIXIÈME PARTIE

INFLUENCE DU SYSTÈME NERVEUX SUR LA MAMELLE.

Cette influence est encore bien obscure, et les expériences faites en vue de l'éclaircir ont donné des résultats souvent fort contradictoires.

Il est certain que la sécrétion du lait ne peut s'effectuer que si la mamelle est vidée par la succion ou par la mulsion, mais il reste à savoir si ces actes facilitent simplement la filtration, en diminuant la pression dans les canaux excréteurs et les acini, ou produisent par action réflexe un effet sur les vaisseaux et les cellules épithéliales.

Après avoir sectionné le nerf spermatique externe qui envoie des branches à la mamelle de la chèvre, Eckhard [1] n'a vu se produire aucune modification dans la sécrétion.

Röhrig [2], en opérant sur le même animal, est arrivé à des

[1] C. Eckhard; Beiträge z. Anat. u. Physiol. Band I, 1855.

[2] Röhrig; Virchow's Archiv, Band LXVII, 1876.

résultats absolument opposés. D'après lui, le nerf spermatique de la chèvre possède trois branches. L'une se détache du tronc nerveux dans la cavité pelvienne et se rend aux muscles de la paroi ventrale, les deux autres passent par le canal inguinal et se dirigent vers le pis, où elles fournissent des rameaux au mamelon, aux canaux excréteurs et aux vaisseaux.

Le mamelon se relâche après la section des fibres qui l'innervent et s'érige si on excite leur bout périphérique. La section des rameaux nerveux des canaux glandulaires ralentit la sécrétion, leur excitation l'accélère; enfin, la section des fibres vasculaires augmente considérablement la sécrétion, tandis que leur excitation l'arrête.

Röhrig pense que, les actions motrices se manifestant sur le mamelon, les canaux excréteurs et les vaisseaux sont sous la dépendance de réflexes dont l'origine est due aux excitations portées sur les extrémités des nerfs centripètes de la mamelle. L'action vaso-motrice lui paraît cependant agir seule sur la sécrétion en modifiant la pression sanguine.

Une injection de strychnine dans les vaisseaux produisait une augmentation de la sécrétion et un accroissement de la pression sanguine. Si la vaso-constriction devenait trop prononcée, la sécrétion diminuait et pouvait même s'arrêter.

M. Laffont[1] a opéré sur la chienne pour rechercher l'existence des nerfs sécréteurs et vaso-moteurs de la mamelle. L'excitation du nerf mammaire intact lui a donné une légère diminution de pression dans l'artère mammaire. Après la section du nerf et l'excitation de son bout périphérique, il a obtenu une diminution de pression artérielle et une augmentation de sécrétion. De ces expériences, il a conclu que la mamelle possède des nerfs dilatateurs types et probablement aussi des nerfs sécréteurs, à action centrifuge.

Chez la même chienne, après la section des fibres vaso-dila-

[1] Laffont *Recherches sur la sécrétion et l'innervation vaso-motrice de la mamelle.* Gazette médicale, 1879.

tatrices et sécrétoires, la sécrétion ne s'est pas arrêtée, ce que l'on s'explique difficilement si l'on admet la présence de fibres à action centrifuge.

M. de Sinéty[1] a expérimenté sur des femelles de cobaye. Il a réséqué les nerfs mammaires un certain temps avant la parturition, sur une étendue assez considérable pour qu'il n'y ait pas de régénération nerveuse possible, et il les a aussi sectionnés et irrités chez les femelles en lactation. Il n'a jamais constaté que la quantité de lait parût augmenter, soit par la section du nerf, soit par son excitation au moyen de courants électriques.

Il a négligé de prendre la pression sanguine ainsi que l'a fait M. Laffont.

Les physiologistes ont donc obtenu des résultats très différents; ceux de Röhrig et Laffont sont tout à fait discordants. Pour le premier, en effet, c'est la vaso-constriction qui agit sur la sécrétion et, pour le second, c'est la vaso-dilatation.

D'une manière générale, les auteurs n'admettent pas les fibres sécrétoires et pensent que la sécrétion est seulement en rapport avec les fibres vaso-motrices.

Winkler[2] est le seul histologiste qui se soit occupé de rechercher les terminaisons nerveuses dans la mamelle. Il a trouvé, chez le lapin et la souris, des fibres nerveuses se rendant aux vaisseaux et aux canaux excréteurs d'un certain diamètre, mais il n'a pu découvrir de fibres se rendant aux acini.

Partsch[3] a répété les expériences de Röhrig et n'a pas obtenu des résultats aussi nets que ce physiologiste. Par la section du nerf spermatique chez le chien, le chat et le lapin et l'excitation de son bout périphérique, il n'a pu constater une augmentation de la sécrétion. Il a alors injecté de la strychnine après la section de ce nerf, et il lui a paru que la sécrétion était un peu accrue. Il a soumis ces dernières mamelles à l'examen microscopique,

[1] De Sinéty; *De l'innervation de la mamelle*. Gazette médicale, 1879.
[2] Winkler; *loc. cit.*
[3] Partsch; *loc. cit.*

et il a vu que leur épithélium était plus haut qu'à l'état normal. Le protoplasme était amplifié, le noyau avait gardé son volume habituel, mais il était plus pâle et sa structure était plus confuse qu'à l'ordinaire. Le protoplasme était plus facilement colorable, plus granuleux qu'à l'état normal et ses limites avaient perdu de leur netteté. Sa portion centro-acineuse était manifestement en voie de fonte.

Pour Heidenhain[1], les expériences exécutées dans son laboratoire par Partsch ne sont pas assez nombreuses pour résoudre la difficile question de l'innervation de la mamelle.

Nous avons seulement voulu rechercher si l'excitation du bout périphérique du nerf spermatique, qui se rend à la mamelle des différents animaux sur lesquels nous avons expérimenté, exerçait une influence quelconque sur l'épithélium.

Chez une brebis anesthésiée par l'éther, nous avons excité pendant quarante minutes le bout périphérique du nerf spermatique externe avec un courant induit à peine sensible à la langue. Malgré cette excitation prolongée, l'épithélium de cette mamelle était tout à fait normal, et la sécrétion n'a pas été augmentée.

Chez plusieurs femelles de cobaye, nous avons opéré dans les mêmes conditions, et les résultats que nous avons obtenus ont été absolument négatifs.

Nous avons aussi sectionné l'artère mammaire, afin de supprimer l'action vaso-motrice sur la sécrétion, et nous n'avons pas observé de modifications plus appréciables dans l'épithélium, ni dans la sécrétion.

Chez quelques femelles de cobaye, nous avons réséqué le nerf spermatique sur une longueur de deux à trois centimètres quelque temps avant la parturition. Du côté opéré, la mamelle n'en a pas moins donné du lait, et son épithélium était normal.

Après ces expériences, nous pouvons affirmer que les formes

[1] Heidenhain ; *loc. cit.*

des cellules épithéliales ne sont pas modifiées par l'excitation des fibres centrifuges, et nous pensons que l'existence des fibres sécrétoires est fort problématique.

CONCLUSIONS.

Chez une femelle nullipare, la mamelle est seulement composée de quelques canaux excréteurs plus ou moins ramifiés, dont les extrémités bourgeonnent lors de la première gestation pour donner naissance aux acini. Ce bourgeonnement s'effectue grâce aux nombreuses divisions cellulaires qui ont lieu à cette époque dans la mamelle.

Dans les quelques jours qui précèdent ou qui suivent la parturition, le protoplasma de certaines cellules subit une transformation colloïde dont le résultat aboutit à la formation des corpuscules du colostrum. Les cellules ayant subi cette dégénération meurent, mais elles sont aussitôt remplacées par celles qui proviennent de la multiplication des quelques cellules restées à l'état normal.

La sécrétion du lait s'établit ensuite progressivement. L'épithélium s'accroît, fabrique la graisse, atteint de très grandes dimensions et perd finalement la partie libre de sa substance, qui tombe dans la cavité du cul-de-sac. Les globules graisseux restent en suspension dans le liquide, le protoplasme et les noyaux se dissolvent peu à peu et contribuent à la formation du lait.

Après avoir subi cette perte, l'épithélium est très aplati. Il s'accroît alors de nouveau et passe ensuite par toutes les phases que nous venons de rappeler rapidement.

Après le sevrage, les cellules continuent à sécréter pendant les quelques jours qui suivent la lactation, et les alvéoles reviennent ensuite lentement sur eux-mêmes. Beaucoup de cellules engraissées se détachent de la membrane propre et se transforment en un résidu qui est peu à peu résorbé. La glande entre en régres-

sion et reste dans cet état jusqu'à ce qu'une nouvelle gestation la rappelle à l'activité.

Nos recherches nous permettent aussi de douter de l'existence des fibres sécrétoires et nous autorisent à affirmer que l'excitation des fibres centrifuges n'amène aucune modification dans la forme des cellules épithéliales.

EXPLICATION DES FIGURES.

Planche I.

Vérick. Oculaire 3. Immersion 1/16. Fixation par le Flemming. Coloration par la safranine et l'acide picrique.

Fig. 1. — Alvéole de la mamelle d'une femelle de cobaye en gestation, vingt jours avant la parturition.

Fig. 2. — Alvéole de la mamelle d'une femelle de cobaye en gestation, quelques jours avant le part.

Fig. 3. — Trois cellules de la mamelle d'une cobaye en gestation; — La cellule médiane est en division.

Fig. 4. — Alvéole de la mamelle d'une femelle de cobaye fixée aussitôt après le part, montrant la formation des corpuscules du colostrum; — *a*, *b*, *d*: cellules normales; — *c*, *e*, *f*, *g*, *h*: cellules contenant un nombre plus ou moins considérable de corpuscules colloïdes, provenant de la dégénération du protoplasme, colorés en rouge par la safranine; — *c*, *e*, *f*: cellules dont le protoplasme renferme quelques globules gras colorés en noir par l'acide osmique; — la lumière alvéolaire est occupée par des globules gras et des corpuscules colloïdes.

Fig. 5. — Alvéole de la mamelle d'une femelle de cobaye fixée une heure après le part, présentant les cellules épithéliales dont la dégénération colloïde est très avancée; — *a*, *i*: cellules épithéliales normales; — *c*, *e*, *j*, *k*: cellules remplies de gouttelettes colloïdes plus ou moins conglomérées, sans noyau et avec très peu de protoplasme; — *f*: cellule possédant un noyau comprimé de tous côtés par des gouttelettes colloïdes et en voie d'atrophie; — *g*: cellule dans laquelle la dégénération colloïde est encore peu accentuée; — la lumière alvéolaire renferme des globules gras et des corpuscules colloïdes.

Fig. 6. — Trois cellules épithéliales de la mamelle d'une femelle de cobaye lors de la formation du colostrum. La cellule médiane

est occupée par un globe colloïde énorme, coloré en rouge par la safranine et formé par la conglomération de corpuscules plus petits. Il renferme quelques globules gras.

FIG. 7. — Corpuscule de colostrum de cobaye dépourvu de graisse.

FIG. 8. — Corpuscule de colostrum de cobaye avec des gouttelettes de graisse.

FIG. 9. — Corpuscule de colostrum de cobaye contenant des globules graisseux.

PLANCHE II.

Vérick. Oculaire 3. Immersion 1/16. Fixation par le Flemming; coloration par la safranine et l'acide picrique.

FIG. 1. — Épithélium de l'alvéole d'une mamelle de cobaye en pleine lactation. Les cellules sont très aplaties, ont un noyau ovoïde ; — *a* : cellule dont le protoplasme émerge au-dessus de celui des autres.

FIG. 2. — Alvéole d'une mamelle de cobaye en lactation ; — *a*, *b* : cellules à deux noyaux ; — *c* : noyau en liberté dans la lumière alvéolaire, entouré par un coagulum et en voie de fonte; — l'épithélium s'accroît.

FIG. 3. — Trois cellules épithéliales d'une mamelle de cobaye en pleine lactation ; — la cellule *b* et sa voisine sont arrivées au summum de leur développement ; — *a* : cellule ayant perdu une partie de sa substance ; — globules graisseux colorés en noir par l'acide osmique.

FIG. 4. — Cellule épithéliale d'une mamelle de cobaye en pleine lactation dont le protoplasme et le noyau sont refoulés à la périphérie par un globule graisseux.

FIG. 5. — Quelques cellules épithéliales d'un alvéole de mamelle de cobaye en pleine activité ; — *a*, *c* : cellules ayant perdu une partie de leur substance ; — *b* : cellule dont la fonte est déjà assez prononcée ; — *d*, *e* : cellules dont la portion centro-acineuse de la membrane est détruite et dont le protoplasme est en voie de fonte ; — globules graisseux colorés en noir par l'acide osmique.

FIG. 6. — Cellule d'une mamelle de cobaye en lactation ; — un noyau est rempli par un globule graisseux qui a refoulé la chromatine à la périphérie.

FIG. 7. — Cellules épithéliales d'un alvéole de mamelle de cobaye en lactation ; — *a*, *b*, *f* : cellules dont le protoplasme est en voie de fonte; — *c* : noyau quittant sa cellule avec du protoplasme ; — *d*, *e* : cellules ayant perdu une grande partie de

leur substance ; — *q* : masse protoplasmique en voie de fonte et contenant deux globules graisseux ; — globules graisseux colorés en noir par l'acide osmique.

PLANCHE III.

Vérick. Oculaire 3. Immersion 1/16. Fixation par le Flemming Coloration par la safranine et l'acide picrique.

FIG. 1. — Cellules épithéliales d'une mamelle de vache en lactation. Ces cellules sont aplaties et non séparées les unes des autres.

FIG. 2. — Cellules épithéliales d'une mamelle de vache en lactation dont le protoplasme, en voie d'accroissement, renferme quelques globules graisseux colorés en noir par l'acide osmique.

FIG. 3. — Cellules épithéliales de la mamelle du même animal en lactation ; ces cellules ont des contours bien nets et leur protoplasme est déjà important ; — globules graisseux colorés en noir par l'acide osmique.

FIG. 4. — Cellules épithéliales d'une mamelle de vache en lactation. Ces cellules ont une membrane très accentuée, sont parfois pourvues de deux noyaux et renferment des gouttelettes de graisse colorées en noir par l'acide osmique.

FIG. 5. — Cellules épithéliales d'une mamelle de vache en pleine activité arrivées au summum de leur développement. La cellule située à gauche de la figure a perdu une partie de sa membrane ; — gouttelettes de graisse colorées en noir par l'acide osmique.

FIG. 6. — Cellules épithéliales d'une mamelle de vache quelque temps après le sevrage ; les cellules médianes, en voie de destruction, se détachent de la paroi propre.

FIG. 7. — Cellules épithéliales d'une mamelle de vache après le sevrage, en voie de fonte.

FIG. 8. — Cellules épithéliales du même animal dont la fonte est presque complète.

FIG. 9. — Cellules épithéliales d'une mamelle de vache en lactation occupées par de gros globules graisseux ayant refoulé le noyau à la périphérie.

FIG. 10. — Cellules épithéliales de la même mamelle; — la cellule médiane a perdu son globule graisseux après la rupture de sa membrane.

MARCHE

DU

REFROIDISSEMENT DE LA GRANDE SERRE

DU JARDIN DES PLANTES DE MONTPELLIER

Pendant les froids rigoureux de janvier 1893

Par F. HOUDAILLE

Les horticulteurs utilisent, on le sait, sur une large échelle les propriétés thermiques du verre pour retenir à la surface du sol les radiations du soleil. Le verre possède en effet un pouvoir diathermane élevé pour les rayons lumineux et faible pour les rayons obscurs. Il résulte de ce fait que les rayons lumineux calorifiques contenus dans la radiation solaire traversent sans perte sensible de leur intensité les châssis vitrés qui limitent le cube d'air intérieur d'une serre ; ils s'y transforment en radiation obscure et deviennent impropres à traverser le verre. Tel est le mécanisme général de l'accumulation du flux calorifique à l'intérieur des capacités limitées par les châssis vitrés.

La radiation solaire qui pénètre à l'intérieur de la serre pendant le cours d'une journée en élève progressivement la température, et comme d'autre part, à partir de l'époque où le maximum de température est atteint, le refroidissement est assez lent, la température intérieure de la serre au lever du soleil est toujours supérieure de plusieurs degrés à la valeur du minimum observé à l'air libre. Si d'autre part les minima de température extérieure ne s'abaissent pas trop notablement au-dessous de zéro, la température de la serre reste constamment supérieure à cette dernière valeur, et les plantes délicates peuvent ainsi être préservées de

la gelée d'une manière efficace pendant les froids de l'hiver. Tel est le principe sur lequel repose l'établissement des serres dites *tempérées* dans lesquelles la préservation des froids est uniquement demandée à l'accumulation de la radiation solaire de la journée précédente et à l'atténuation du rayonnement nocturne réalisée par les châssis vitrés avec ou sans adjonction d'écrans protecteurs (paillassons).

C'est dans de telles conditions qu'est obtenue annuellement au Jardin des Plantes de Montpellier dans la grande serre (Serre Martins) la protection d'un grand nombre de végétaux assez sensibles aux abaissements de température limités et peu inférieurs à zéro, tels que les bananiers, euphorbes, ficus, pelargonium.

La serre Martins est une serre unilatérale adossée à un mur épais de $0^m,80$ courant de l'Est à l'Ouest. Le vitrage exposé au Midi prend appui sur un mur de $0^m,50$, s'élève verticalement à 2 mèt. au-dessus, puis se relie par un arc de cercle au mur abri qu'il atteint à $7^m,50$ au-dessus du niveau du sol extérieur. La longueur de la serre, mesurée de l'Est à l'Ouest, est de 49 mèt.; sa capacité intérieure est voisine de 1,900 mèt. cubes. La porte principale de la serre s'ouvre dans le vitrage antérieur à moitié distance de sa longueur ; une seconde porte est pratiquée dans le vitrage latéral du côté de l'Est ; enfin une petite porte de service est disposée dans le mur d'appui en face de la porte centrale. L'aération de la serre est obtenue par l'ouverture de la porte centrale, de la porte latérale et des vasistas qui règnent sur toute la longueur au niveau de la banquette antérieure qui sert d'appui au vitrage. Pendant les journées d'hiver, la serre n'est ouverte que pendant quelques heures, en général de 10 heures du matin à 2 heures du soir. L'étanchéité du vitrage laisse beaucoup à désirer ; les joints ne sont pas recouverts dans la portion verticale du vitrage, et dans la partie voûtée les carreaux, qui se recouvrent, laissent entre eux des joints imparfaitement obturés par un masticage assez sommaire. D'autre part, le mur d'appui est exposé directement aux vents froids du nord

sans être protégé par aucun abri efficace tel que massif d'arbres ou construction voisine. En somme, la serre Martins présente des conditions défavorables pour la conservation de la chaleur. La protection obtenue contre les froids de l'hiver peut donc être considérée comme le minimum de ce que l'on peut attendre des serres tempérées sous le climat de Montpellier.

Il nous a paru intéressant de rechercher quelle était, à Montpellier, la limite des abaissements de la température compatible avec la protection efficace des serres tempérées. Les froids rigoureux de janvier 1893 nous ont permis d'étudier la marche de la température à l'intérieur et à l'extérieur de la serre et de les rapporter à l'évolution diurne des intensités calorifiques de la radiation solaire. En effet, grâce à la bienveillante autorisation de MM. Granel et Flahault, nous avons pu recueillir pour un certain nombre de journées les graphiques de la température intérieure de la serre donnés par un thermomètre enregistreur de Richard, tandis qu'un appareil semblable faisait connaître dans une station voisine, celle de l'Ecole d'Agriculture, les valeurs correspondantes de la température. D'autre part, l'actinomètre enregistreur de M. Crova installé à l'Ecole d'Agriculture nous donnait une série de graphiques de la radiation solaire pour un certain nombre des journées d'observation. Enfin M. Brunel, chargé des observations météorologiques au Jardin des Plantes, voulait bien noter chaque jour les heures d'ouverture et de fermeture des portes et vitrages de la serre en même temps qu'il consignait, avec une exactitude dont je me fais un devoir de le remercier ici, les diverses conditions qui auraient pu influencer la marche du refroidissement ou du réchauffement de la serre.

Marche du refroidissement de la serre. — Les observations ont été continuées sans interruption du 5 au 28 janvier. Pendant cet intervalle, sept journées ont été caractérisées par des valeurs de minimum de température assez faibles pour que la température à l'intérieur de la serre se soit abaissée jusqu'à zéro ou au-

dessous de zéro. Ce sont les journées du 6, 13, 19, 20, 21, 25 et 27 janvier. Pendant ces journées, plusieurs végétaux enfermés dans la serre ont beaucoup souffert. Les bananiers notamment ont perdu toutes leurs feuilles ; le cœur seul a été respecté. Nous reproduisons pour ces journées particulièrement intéressantes la marche de la température à l'intérieur et à l'extérieur de la serre depuis l'heure du maximum de la veille jusqu'à celle du minimum du jour où s'est produite la gelée. Nous mettons en regard les écarts correspondants de la température intérieure et extérieure.

Journée du 12-13 janvier.

	(Max. 1h s.)	2h	4	6	8	10	12	2	4	6	(Min. 7hm.)
Températ. intér...	12°,5	11°,8	7°,0	3°,8	2°,2	1°,5	0°,8	—0°,2	—1°,0	—1°,9	—2°,2
Températ. extér..	3,5	3,5	2,2	—1,8	—2,6	—3,1	—4,0	—4,3	—5,7	—7,3	—7,5
Différence........	9,0	8,3	4,8	5,6	4,8	4,6	4,8	4,5	4,7	5,4	5,3

Journée du 13-14 janvier.

	(Max. 2h)	4	6	8	10	12	2	4	(Min. 5h)
Températ. intér...	11,3	7,3	3,7	1,9	1,1	0,5	0,1	—0,5	—0,8
Températ. extér..	4,7	4,0	—1,0	—3,5	—2,0	—2,5	—1,5	—0,5	—4,7
Différence.......	6,6	3,3	4,7	5,4	3,1	3,0	2,6	0,0	3,9

Journée du 15-16 janvier (S. F.)[1].

	(Max. 11hm.)	2hs.	4	6	8	10	12	2	4	6	(Min. 7m.)	10h
Températ. intér...	11,8	9,5	7,3	5,2	3,8	2,4	2,0	2,0	0,8	0,3	—0,2	6,5
Températ. extér..	4,5	4,7	3,5	2,5	1,8	0,6	0,0	—0,5	—0,5	—1,8	—2,0	—4
Différence.......	7,3	4,8	3,8	2,7	2,0	1,8	2,0	2,5	1,3	2,1	1,8	10,5

Journée du 16-17 janvier (S. F.).

	(Max. 1h s.)	2	4	6	8	10	12	2	4	6	(Min. 7hm.)
Températ. intér...	12,0	11,4	6,6	2,3	2,0	0,1	—0,4	—0,2	—0,7	—1,5	—1,8
Températ. extér..	—0,5	—1,0	—2,2	—3,4	—3,7	—4,5	—4,0	—4,5	—6,0	—6,5	—7,5
Différence.......	12,5	12,4	8,8	5,7	5,7	4,6	4,4	4,3	5,3	5,0	5,7

Journée du 17-18 janvier.

	(Max. 2h30s.)	4	6	8	10	12	2	(Min. 3h30m.)	4	6
Températ. intér...	10,8	7,5	3,4	2,2	1,1	—0,3	—1,4	—1,8	—1,0	+ 0,5
Températ. extér..	5,7	4,5	0,0	0,4	1,0	—6,0	—7,0	—8,5	—6,5	+ 2,1
Différence.......	5,1	3,0	3,4	1,8	0,1	5,7	5,6	6,7	5,5	1,6

[1] Les journées où la serre n'a pas été ouverte portent la mention (S. F.).

Journée du 18-19 *janvier* (S. F.).

	(Max. 3h)	4	6	8	10	12	2	4	6	(Min. 8)
Températ. intér...	6,8	5,7	3,0	1,1	0,3	—0,4	—1,3	—2,2	—2,8	— 3,0
Températ. extér..	6,7	6,0	1,6	1,0	0,0	—2,8	—5,2	—6,5	—6,5	— 6,5
Différence........	0,1	—0,3	1,4	0,1	0,3	2,4	3,9	4,3	3,7	3,5

Journée du 19-20 *janvier* (S. F.).

	(Max.1h30s)	2	4	6	8	10	12	2	4	6	(Min.7hm.)
Températ. intér...	14	13,7	9,1	4,8	2,1	0,6	—0,4	—1,3	—1,8	—2,2	—2,3
Températ. extér..	7,5	8.5	7,7	0,5	—3,1	—4,1	—5,5	—6,0	—6,2	—7,0	—6,0
Différence..... ..	6,5	5,2	1,4	4,3	5,2	4,7	5,1	4,7	4,4	4,8	3,7

On voit que d'une manière générale la marche du refroidissement de la serre suit celle de l'air extérieur. Tant que les maxima et minima extérieurs se produisent aux heures normales, leurs dates coïncident assez exactement avec celles de l'intérieur de la serre. Cette coïncidence n'existe plus lorsque les époques de réalisation des températures extrêmes sont notablement déplacées. Dans la matinée du 16 janvier, le minimum intérieur s'est produit à 7 heures du matin ; il n'a eu lieu qu'à 10 heures dans l'air extérieur. La radiation solaire accumulée par les vitrages de la serre a prévenu tout refroidissement après le lever du soleil.

Pendant un certain nombre de journées, la température de la serre est restée constamment supérieure de 4 à 5° à la température extérieure, et cela pendant toute la durée du refroidissement (journées du 12-13 et du 16-17 janvier). Mais pour d'autres journées les écarts se sont réduits à certaines heures à quelques dixièmes de degré. Ce rapprochement des températures intérieure et extérieure est dû en général à ce que les variations des deux séries de températures ne sont pas concordantes ; la température extérieure peut se relever momentanément pendant que celle de l'intérieur continue à décroître (journées du 13-14 et du 17-18 janvier).

L'écart des températures va en décroissant depuis l'époque du maximum jusqu'à celle du minimum. Il est en outre d'autant

plus grand au moment du minimum que le décroissement de la température extérieure aura été plus rapide et plus marqué. On voit que, dans le cas où les gelées sont précédées par des journées où la radiation atteint sa valeur normale, le relèvement diurne de la température de la serre permet de protéger les végétaux qui y sont enfermés contre des abaissements de température atteignant — 4° à — 5°. Au delà, la protection ne paraît pas efficace ; il en est de même quand, la radiation faisant défaut, la serre n'a pu faire un approvisionnement suffisant de chaleur. Le 18, le ciel a été couvert pendant une assez grande partie de la journée, et un vent très violent a empêché le réchauffement de la serre. Les températures intérieure et extérieure étaient égales vers 8 heures du soir, et au matin la température de la serre s'abaissait à — 3°.

Ainsi qu'on a pu le voir par la comparaison des chiffres rapportés plus haut, la marche de la température de la serre, malgré le faible pouvoir diathermane du verre pour les radiations obscures, est sous la dépendance assez étroite des variations de la température extérieure. Une température élevée la veille doit donc prévenir les abaissements de température nuisibles, et une différence considérable entre le maximum de la veille et le minimum du jour doit les exagérer. Nous avons essayé de mettre en évidence ces relations dans le tableau suivant. La comparaison ne peut toutefois être faite avec exactitude, parce que les conditions d'ouverture et de fermeture de la serre ont été un peu différentes au cours des différentes journées. Nous rapporterons ici ces conditions pour les diverses journées d'observation précédemment analysées.

Journée du 12 janvier. La porte centrale de la serre a été ouverte à 11 h. 30 et fermée à 1 heure.

13. Porte centrale ouverte à 11 h. 30, fermeture à 1 heure.

15. La serre n'est pas ouverte de toute la journée.

16. La serre n'est pas ouverte de toute la journée.

17. Porte centrale ouverte à 10 h. 45, fermeture à 1 h. 30.
18. La serre n'est pas ouverte de toute la journée.
19. La serre n'est pas ouverte de toute la journée.

RELATIONS DES MAXIMA INTÉRIEURS ET EXTÉRIEURS DE LA VEILLE AVEC LES MINIMA INTÉRIEURS ET EXTÉRIEURS DE LA JOURNÉE.

	12-13	13-14	SF 15-16	SF 16-17	17-18	SF 18-19	SF 19-20
Maximum extérieur...	3.0	4.0	5.8	3.7	6.0	6.8	9.1
Minimum extérieur...	—9.0	—6.5	—5.0	—8.7	—9.4	—8.2	—8.3
Maximum-Minim. (Dif.)	12.0	10.5	10.8	12.4	15.4	15.0	17.4
Maximum intérieur...	12.5	11.3	11.8	12.0	10.8	6.8	14
Minimum intérieur...	—2.2	—0.8	—0.2	—1.8	—1.8	—3.0	—2.3
Maximum-Minim. (Dif.)	14.7	12.1	12.0	13.8	12.6	9.8	16.3

On voit que d'une manière générale les plus grands abaissements de température à l'intérieur de la serre correspondent aux plus faibles valeurs de la température minima extérieure. Dans la série des journées où la serre a été ouverte de 11 heures à 1 heure, les minima extérieurs de — 9° et — 9°,4 amènent les minima intérieurs de — 2.2 et — 1.8, tandis que le minimum extérieur de — 6.5 n'abaisse la température intérieure que jusqu'à — 0°.8. Pendant la série des journées où la serre n'a pas été ouverte, les minima de — 8.7 et — 8.3 déterminent les minima intérieurs de — 1.8 et — 2.3 tandis que le minimum extérieur de — 5,0 n'abaisse la température intérieure que jusqu'à — 0,2. Une seule anomalie existe pour la journée du 18-19 janvier, pour laquelle un abaissement de la température extérieure jusqu'à — 8.2 comparable à ceux du 17 et du 20 détermine un minimum intérieur de — 3°. On remarque que pendant cette journée la température intérieure de la serre ne s'est élevée qu'à 6°,8, tandis qu'elle a atteint pour toutes les autres journées des valeurs supérieures à 10°,8, allant jusqu'à 14°. Les observations recueillies par M. Brunel indiquent que pendant la journée du 18 on n'avait pas encore procédé au calfeutrage de la porte de service située en face de la porte centrale et au Nord.

En même temps soufflait un violent vent du nord dont la vitesse a dépassé, dans la matinée, 20 mèt. par seconde. La porte de service a pu rester entr'ouverte et le renouvellement de l'atmosphère intérieure a empêché le relèvement de la température. Le lendemain, la vitesse du vent n'a pas dépassé en moyenne 2 mèt. par seconde ; l'air était calme ; la température intérieure s'est élevée jusqu'à 14°.

Ces dernières observations montrent l'importance de l'influence exercée par l'état d'agitation de l'atmosphère sur la marche du refroidissement intérieur de la serre. Un vent violent augmente la vitesse de refroidissement des châssis vitrés et des paillassons et favorise la perte de chaleur par conductibilité. Mais la cause de déperdition la plus importante provient certainement du défaut d'étanchéité des châssis et des diverses fermetures. On ne saurait apporter trop de soin au calfeutrage des ouvertures pendant les journées où l'air est très agité et où l'on peut craindre que l'approvisionnement de chaleur pendant le jour ne soit insuffisant pour parer aux exigences du refroidissement nocturne. Pendant ces journées, la marche du thermomètre intérieur devrait être consultée avec soin et la durée de l'ouverture de la serre, nécessaire à son aération périodique, réduite à son minimum.

Marche de l'échauffement de la température intérieure de la serre.— La marche de l'échauffement de l'atmosphère intérieure de la serre dépend à la fois du régime de l'insolation et de la progression des températures extérieures (V. fig. 1). La température ascendante de la masse d'air confinée résulte en effet de l'excès du gain par transmission de la chaleur solaire au travers des vitrages sur la perte correspondante de chaleur par rayonnement et par conductibilité. Comme d'autre part la température maxima diurne de l'atmosphère est liée à la valeur de la radiation solaire et croît avec elle, il semble au premier abord que les températures maxima à l'intérieur de la serre soient en relation assez directe avec les maxima de l'extérieur. Le tableau suivant

établit la comparaison de ces maxima pour les journées où la serre n'a pas été ouverte du lever au coucher du soleil.

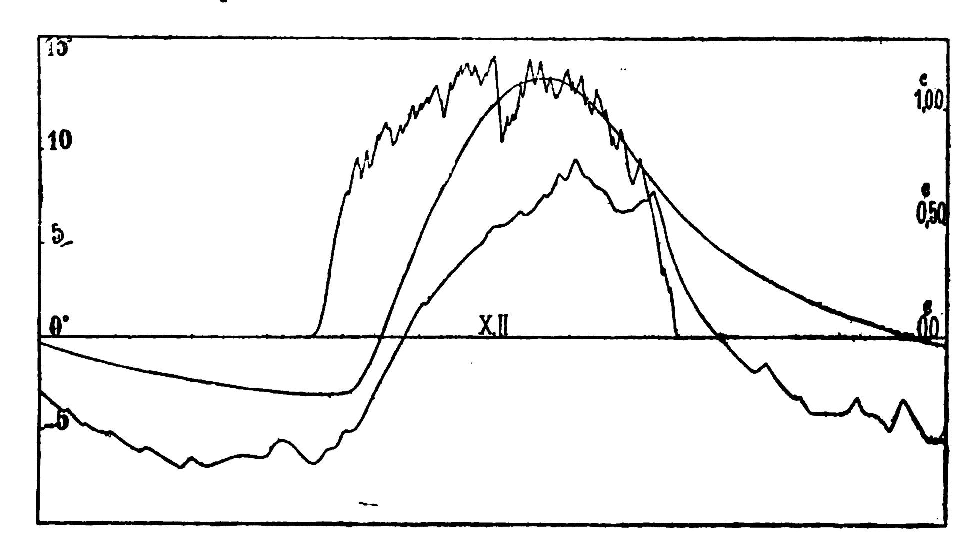


Fig. 1. — Marche comparée de la température extérieure (courbe inférieure), de la température intérieure (courbe supérieure) et de la radiation solaire (courbe dentelée) pendant la journée du 19 janvier 1893.

COMPARAISON DES MAXIMA DE LA SERRE ET DE L'AIR EXTÉRIEUR.

	T. maxima de la serre.	T. maxima de l'extér.	Différence.
7 janvier... ...	5.3	8.0	— 2.7
8 —	5.0	8.9	— 3.9
9 —	4.5	7.2	— 2.7
15 —	11.8	5.8	+ 6.0
16 —	12.0	3.7	+ 8.3
18 —	7.0	6.8	+ 0.2
19 —	14.0	9.1	+ 4.9
20 —	13.5	9.8	+ 3.7
22 —	10.5	10.0	+ 0.5

Les maxima de la serre dépassent le plus souvent les maxima extérieurs. Toutefois une inversion se produit pour les journées des 7, 8, 9, qui ont été pluvieuses ou brumeuses. Les variations de la température extérieure ont été faibles et celles de la serre à peu près nulles. Du 7, à 6 heures du soir, au 9, à 6 heures du

soir, la température intérieure n'a pas varié de 1 degré. En l'absence de la radiation solaire, la masse d'air confinée s'échauffe plus lentement que l'atmosphère extérieure, et les variations de température y sont par suite moins accusées. On voit au contraire que, pour les belles journées où la radiation se développe et pendant lesquelles la température extérieure varie davantage, l'écart des maxima devient positif et atteint jusqu'à 8°,3. L'écart positif croît d'ailleurs avec la moindre valeur des températures extérieures. La serre bénéficie d'autant plus de l'accumulation de chaleur que l'air est plus froid. Le gain maximum, correspondant à l'écart des maxima de 8°,3, est réalisé par la journée du 16, pendant laquelle la température est restée pendant la plus grande partie de la journée au-dessous de zéro.

L'enregistrement continu de la radiation solaire à l'aide de l'actinomètre enregistreur de M. Crova nous a permis de mieux préciser la relation qui existe entre l'élévation de température de la serre et la valeur de la radiation solaire. Nous avons évalué, à l'aide du planimètre, la surface des courbes actinométriques de quelques journées, et nous en avons déduit la valeur du nombre de calories rayonnées : 1° pendant le cours de la journée ; 2° pendant la période qui s'étend depuis le lever du soleil jusqu'à 10 heures du matin, époque de l'ouverture des portes ou des vasistas de la serre. Le tableau suivant rapproche ces valeurs de la variation totale de température à l'intérieur de la serre, ainsi que des gains de température réalisés depuis le lever du soleil jusqu'à 10 heures du matin, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la serre.

CHALEUR REÇUE ET ÉLÉVATION DE TEMPÉRATURE.

	Chaleur reçue pendant la journée.	Chaleur reçue du lever à 10 h. m.	Variation diurne de température intérieure.	Élévation de température du lever à 10 h.	
				Serre	Air extérieur.
13 janvier......	541cal	141cal	13°,5	9°	6,0
19 —	520	125	17 ,0	8,5	8,0
20 —	535	129	15 ,5	7,5	7,0
21 —	357	83	10 ,6	6,2	2,0
25 —	650	151	11 ,5	6,0	7,5

La comparaison des chiffres précédents vérifie tout d'abord le fait indiqué plus haut, savoir : que les variations de température de la serre sont loin d'être parallèles à celles de l'atmosphère extérieure. Le 21, alors que la température extérieure ne variait que de 2° du lever du soleil à 10 heures du matin, celle de la serre présentait dans le même intervalle un accroissement de 6°,0. L'élévation de la température de la serre est plus spécialement sous la dépendance de la radiation solaire. Toutefois diverses causes telles que les conditions variables d'émission de chaleur, dues à l'étanchéité imparfaite des fermetures, à l'intensité et à la direction variable des vents, à la condensation inégale de l'humidité à la face supérieure ou inférieure des vitrages, empêchent que l'élévation de la température intérieure ne soit liée d'une manière invariable à la quantité de chaleur reçue. On peut s'en convaincre en examinant les chiffres du tableau suivant, où sont rapportés, en regard du minimum de la serre, les conditions d'agitation de l'atmosphère et le quotient de l'élévation de température par le nombre de calories reçues du lever du soleil à 10 heures du matin.

ÉLÉVATION DE TEMPÉRATURE POUR 1 CALORIE.

	Élévation de températ. pour 1 calorie.	Vitesse du vent.	Direction du vent.	Températ. minima de la serre.
	°	m		°
13 janvier......	0,064	1,00	Nord	—0,7
19 —	0,068	2,50	Ouest	—2,1
20 —	0,058	1,00	Est	—3,1
21 —	0,075	9,50	Nord	+2,0
25 —	0,040	4,00	Nord	+4,5

L'élévation de température pour 1 calorie reçue a varié de 0°,040 à 0°,075 ; elle a été en moyenne de 0°,061. Si l'on admet pour valeur moyenne d'une belle journée d'hiver une radiation totale de 500 calories, on voit que les 250 calories reçues pendant la première moitié de la journée, pendant laquelle la température intérieure progresse assez régulièrement, devront produire, si les conditions d'émission de chaleur restent con-

stantes, un relèvement de la température de la serre, égal à $250 \times 0,061 = 15°,25$. Cette valeur a été d'ailleurs dépassée pendant la journée du 19 janvier, où elle a atteint pour 260 calories 15°,5. Ce jour-là, la serre n'avait pas été ouverte de toute la journée.

On voit, en résumé, que sous le climat de Montpellier, grâce à l'existence de journées d'hiver caractérisées par une radiation élevée, il est possible de protéger des végétaux assez délicats, dans les serres non chauffées, serres tempérées, contre les abaissements de température atteignant — 5° à — 6°. Au delà, la protection paraît cesser d'être efficace. Il est probable toutefois que l'on pourrait reculer cette limite de protection de 2 à 3°, en observant les conditions suivantes : 1° Ne pas ouvrir les serres tempérées pendant la période diurne d'accumulation de la chaleur, lorsque les abaissements critiques de température sont à redouter pour le lendemain. Si l'aération de la serre est nécessaire, on devra l'ouvrir au moment où la différence de température entre l'intérieur de la serre et l'extérieur atteint son minimum. A ce point de vue, l'emploi d'un thermomètre enregistreur tel que celui de Richard paraît essentiellement avantageux pour la conduite rationnelle d'une serre tempérée. 2° Apporter le plus grand soin à assurer l'étanchéité des vasistas et diverses fermetures de la serre, surtout pendant les périodes de refroidissement critique où soufflent avec intensité les vents du nord.

En observant ces précautions, il ne serait pas impossible, sous le climat de Montpellier, de soustraire les végétaux à des abaissements de température atteignant —8° et — 9° dans l'air extérieur. Comme d'autre part ces minima de peu de durée sont rarement dépassés dans notre région, et que beaucoup de plantes d'ailleurs ne succombent pas pour avoir été plongées pendant quelques minutes dans un air à 0°, on voit tout le parti que l'on pourrait tirer sous notre climat de la conduite rationnelle des serres tempérées.

ACCIDENTS MÉTÉOROLOGIQUES DE L'ANNÉE 1893

Par F. HOUDAILLE

La discussion sous forme de moyennes de la marche des différents éléments météorologiques offre un grave inconvénient : c'est de faire disparaître la trace des irrégularités temporaires qu'ils peuvent présenter et qui offrent néanmoins un intérêt tout spécial pour le météorologiste et pour l'agriculteur. De plus, la lecture des tableaux numériques où ces accidents sont signalés, laisse souvent passer inaperçues, grâce à l'accumulation des chiffres qui y sont condensés, soit l'existence de ces accidents météorologiques, soit surtout les différentes relations qu'ils peuvent présenter avec les conditions correspondantes du milieu atmosphérique où ils se sont développés. Nous avons pensé qu'il serait utile de présenter ici une rapide revue mensuelle des phénomènes météorologiques de l'année.

La discussion des faits signalés sera d'autant plus instructive pour le lecteur qu'il pourra se référer aux graphiques mensuels exprimant la marche des divers éléments météorologiques et annexés au *présent volume*.

Mois de Décembre 1892.

La température présente un relèvement marqué sur le milieu du mois ; mais ce relèvement est précédé par un abaissement sensible vers le 2, puis du 7 au 12, auquel correspondent les *premières gelées* de 1893.

L'état hygrométrique se maintient élevé et ne descend qu'une seule fois, le 14, au-dessous de 0,55. L'évaporation est faible et les pluies ne dépassent pas 4 millim., fait exceptionnel à cette

époque de l'année. Sur ces 4 millim., 1 millim. résulte de la fusion de la neige tombée dans la nuit du 9 au 10.

Le baromètre présente, pendant la première partie du mois, de nombreuses oscillations restreintes autour de 760 ; il monte à 770 millim. le 17, mais à partir de cette date se creuse une profonde dépression qui atteint 760 millim. le 1er janvier.

La vitesse du vent ne dépasse 10 mètres que le 4, le 6, le 10 et le 14, sans toutefois excéder 15 mètres. La direction est assez variable ; le vent se fixe au Nord-Est pendant le creusement de la dépression barométrique.

Mois de Janvier 1893.

La température s'abaisse considérablement au commencement du mois, puis le 13 et enfin du 16 au 20. Le *minimum annuel de température* est atteint le 18, avec —9°,4, à 2 mètres au-dessus du sol. Au niveau du sol, le thermomètre descend le même jour à —12°; il s'était abaissé à —13° le 2 janvier pour une température à 2 mètres de —9°,0. Les rigoureux abaissements de température de janvier et leur continuité, du 16 au 20, ont amené la gelée des ceps sur plusieurs points de nos vignobles. Certains cépages, tels que les Alicante Bouschet, ont eu particulièrement à souffrir. Diverses plantes qui résistent en général aux froids de l'hiver dans la serre tempérée du Jardin des Plantes ont sérieusement souffert cette année.

L'état hygrométrique se relève vers le 9, puis s'abaisse vers le 19, où il atteint 0,15; il remonte ensuite progressivement jusqu'à la fin du mois.

La pluie a été faible : 29 millim.; elle est précédée, les 8-9-10, par un relèvement progressif de l'état hygrométrique du 5 au 10.

Le baromètre subit plusieurs oscillations assez étendues, et la pression s'abaisse à 741 le 15, pour remonter progressivement jusqu'à 768 le 31.

Plusieurs coups de vent se produisent en janvier, notamment

le 3 et dans la période du 14 au 23. La vitesse maxima atteint 21 mètres le 23 dans l'après-midi. Les grandes vitesses correspondent aux vents du Nord.

Mois de Février.

La température se maintient à peu près constante pendant tout le mois, et les maxima présentent un faible écart avec les minima.

L'écart moyen mensuel est de 10°,77, tandis qu'il atteint un maximum de 16°,71 en avril.

L'état hygrométrique reste généralement élevé et ne s'abaisse pas au-dessous de 0,48 ; la pluie est faible et ne dépasse pas 25 millim.

Le baromètre oscille au-dessus de 760 jusqu'au 19, en présentant deux maxima, le 7 et le 17, voisins de 768 ; puis s'abaisse brusquement du 17 au 21, pour atteindre, le 22 au matin, le *minimum annuel de pression* 738^{mm},3.

La vitesse du vent présente ses maxima supérieurs à 15 mètres, les 10-12-22-25 ; elle atteint, le 22, 22 mètres par seconde vers 4 heures du matin. C'est le *maximum annuel de vitesse du vent.*

Mois de Mars.

La température oscille assez fortement pendant le cours du mois, en restant néanmoins toujours supérieure à 0°, sauf le 23 au matin, où elle s'abaisse à —0°,2 sous l'abri et à —3°,5 au niveau du sol. La gelée est due au rayonnement ; la température maxima de la veille s'était élevée jusqu'à 17°. La gelée a atteint, sur quelques points du département et notamment aux environs de Montpellier, les bourgeons des ceps dont le débourrement avait été trop hâtif. C'est l'*unique gelée de printemps* constatée en 1893. Le refroidissement de l'atmosphère au moment précis de l'entrée en végétation de la vigne a rendu stationnaire

le débourrement des divers cépages pendant huit ou quinze jours. L'écart des maxima et des minima est en général considérable, sauf du 13 au 16 et du 29 au 31, où il est au contraire assez réduit.

L'*état hygrométrique* oscille en général autour de 0,50, mais présente le 9 au soir, vers deux heures, sa *valeur minima annuelle.*

L'hygromètre enregistreur n'accuse que 0,05 à 0,06. La variation diurne de l'état hygrométrique a été très brusque pour cette journée. Un vent du Nord assez violent, supérieur à 10 mètres par seconde, soufflait pendant la période de décroissement rapide de l'état hygrométrique. La pluie mesurée pendant ce mois a été très faible, 3m/m,5, c'est le *minimum mensuel de pluie* en 1892.

La pression barométrique a oscillé très faiblement autour de 700. L'*écart mensuel* de *pression atteint son minimum* 9m/m,0.

La vitesse du vent se maintient en général inférieure à 5 mètres; les vitesses maxima atteignent 15 mètres les 6-9-11-19. La direction du vent présente fréquemment l'oscillation diurne normale du Nord-Est au Sud-Est.

Mois d'Avril.

La température moyenne diurne reste à peu près stationnaire pendant tout le mois. Les *écarts des maxima* et *des minima atteignent le maximum mensuel* de l'année 16°,71. L'écart diurne atteint 22° pour la journée du 5.

L'état hygrométrique est faible, et la pluie totale ne dépasse pas 13m/m,5.

La pression barométrique présente une série d'oscillations d'amplitude moyenne autour de 760. Le minimum principal n'est pas inférieur à 746,5 le 28.

La vitesse du vent est faible et reste toujours inférieure à 15 mètres; sa direction présente fréquemment l'oscillation diurne du Nord-Est au Sud-Est. La radiation solaire présente une grande

durée de 237 heures qui se rapproche assez de la durée théorique de l'insolation pendant ce mois.

Mois de Mai.

La température présente plusieurs variations assez étendues avec des minima aux dates du 9 et du 21.

L'Etat hygrométrique, très faible du 3 au 8, se relève assez du 9 au 24, pour décroître ensuite jusqu'au 29. Le relèvement de l'état hygrométrique correspond à la période pluvieuse de ce mois, qui apporte 47 m/m de pluie.

La vitesse du vent est faible et n'excède pas 10 mètres dans ses maxima.

La pression barométrique présente plusieurs oscillations de peu d'importance de part et d'autre de la pression moyenne, 757 m/m,3.

Mois de Juin.

La température présente des oscillations assez réduites du 3 au 23. Les maxima oscillent pendant toute cette période autour de 30° ; ils se relèvent assez rapidement vers la fin du mois le 27 et le 30 et atteignent 35°.

L'état hygrométrique, faible du 3 au 8, oscille pendant le reste du mois de part et d'autre de 0,60. La pluie totale n'excède pas 37 m/m.

L'*évaporation* en 24 heures présente son *maximum annuel* le 12 avec 16 m/m.

Le baromètre présente une marche assez mouvementée avec deux minima principaux, l'un le 2, l'autre le 23 ; ce dernier atteint 747,2.

La vitesse du vent est faible sauf du 3 au 6 ; elle atteint 15 mètres le 4, mais reste en dehors de cette période toujours inférieure à 10 mètres.

Mois de Juillet.

La température décroît assez régulièrement du 1er au 16, puis se relève jusqu'au 25, pour décroître jusqu'à la fin du mois. Le *maximum annuel de température* est atteint le 1er juillet avec 39°9.

L'état hygrométrique est faible et se maintient du 12 au 19, puis du 23 au 31, généralement inférieur à 0,50. C'est le mois où la *valeur moyenne de l'état hygrométrique diurne atteint son minimum.*

Le minimum de l'état hygrométrique à 9 heures du matin est au contraire réalisé par le mois de mai. L'évaporation est très active du 13 au 18.

Des pluies assez abondantes accompagnées d'orage surviennent le 1er et le 20 et interrompent temporairement la période de sécheresse, qui sévissait d'une manière exceptionnelle depuis l'entrée en végétation. Le 1er juillet, la pluie est accompagnée de *grêle.*

La pression barométrique présente une série d'oscillations assez réduites, toujours comprises entre 750 et 760.

La vitesse du vent est notablement supérieure à celle des mois précédents, avril, mai et juin; les maxima de vitesse dépassent 15 mètres le 6, le 17 et le 18.

Mois d'Aout.

La température se relève progressivement du 1er au 2 pour atteindre à cette date le deuxième maximum annuel 38°,7. Du 11 au 26, les minima oscillent dans le voisinage de 35°; puis la température décroît rapidement jusqu'au 29, où le maximum ne dépasse pas 22°,5.

L'état hygrométrique présente des oscillations diurnes assez étendues auxquelles correspondent des rosées assez abondantes ; il s'abaisse beaucoup du 25 au 28 à la veille de la *pluie diluvienne*

du 29 qui apporte en quelques heures 185m/m. L'intensité de cette pluie dépasse toutes celles précédemment observées depuis 1885. Il est tombé pendant une heure 92m/m. Cette pluie du 29 termine la période de sécheresse et de températures élevées qui a caractérisé l'année 1893.

La pression barométrique présente du 1er au 25 des oscillations extrêmement faibles de part et d'autre de 760, puis s'abaisse, jusqu'au 31, à 751m/m.

La vitesse du vent, modérée du 1er au 12, reste constamment inférieure à 5m du 12 au 31. C'est le mois de l'année où la *vitesse moyenne du vent a été la plus faible.* L'oscillation diurne de vitesse du 13 au 25 est très régulière ; il en est de même de la variation diurne de direction qui correspond à l'établissement périodique diurne de la brise de mer.

La *durée mensuelle* de l'*insolation* atteint sa *valeur maxima* 295e.

Mois de Septembre.

La température, après sa décroissance rapide à la suite de l'orage du 29 août, subit plusieurs fluctuations assez étendues. Les maxima, en général supérieurs à 25°, s'abaissent jusqu'à 17 le 11. A cette date, l'écart du maximum et du minimum se réduit à 3°,5.

L'état hygrométrique se relève sensiblement et ne s'abaisse que rarement au-dessous de 0,50. Des pluies assez abondantes sont mesurées le 12 et le 13.

Le 12, un violent orage éclate à 3 heures et demie du soir, avec *grêle* et *chute de foudre.*

Le baromètre subit plusieurs fluctuations d'une certaine amplitude. Les minima de pression observés aux dates du 20 et du 30 restent supérieurs à 746.

La vitesse du vent est modérée, mais les maxima de vitesse diurne atteignent fréquemment 10m par seconde. Pendant la nuit du 19, vers 11 h. 1/2 du soir, sans que la vitesse du vent à

Montpellier ait excédé 12^{m} par seconde, un *violent cyclone* se développait à l'ouest et au sud de Montpellier en causant des dommages très importants dans le port de Cette. Aux environs de Montpellier, près de Celleneuve, sur les bords de la Mosson, le cyclone pratiquait une véritable trouée dans les arbres qui bordaient la rivière. La toiture d'un cellier était enlevée et un mur abattu. Des chênes séculaires de près de 1 mèt. de diamètre ont été rasés au niveau du sol et abattus régulièrement dans la direction de l'Ouest comme s'ils avaient été couchés par le vent d'Est. A Cette, le vent a affecté un mouvement tourbillonnant très accusé ; plusieurs navires ont été désemparés. A Palavas, les toitures de plusieurs villas de la rive droite ont été enlevées.

Mois d'Octobre.

La température remonte progressivement du 1er au 17, puis décroît jusqu'au 31. L'écart diurne des maxima et des minima est très réduit du 6 au 9, puis le 26.

L'état hygrométrique reste généralement élevé, surtout du 3 au 9, puis vers le 26, date à laquelle se produit une pluie avec orage.

La dépression barométrique creusée à la fin du mois précédent ne se comble brusquement que le 9. A partir de cette date, la pression présente des oscillations assez étendues au-dessus de 760, sans excéder 766$^{m}/^{m}$.

La vitesse du vent est faible, sauf quelques coups de vent les 8 et 9, puis le 13 ainsi que vers le 19 et le 27.

Mois de Novembre.

La température subit deux oscillations principales avec maximum vers le 4, le 17 et le 27 et deux minima intercalaires le 11 et le 22. L'*écart entre les maxima et les minima* est très faible, il *atteint son minimum annuel* correspondant à une moyenne

mensuelle d'écart de 9°. La température s'abaisse à — 1° dès le 21 et à — 1°,5 le 28. L'état hygrométrique est généralement élevé, le ciel couvert et la radiation en déficit. La *durée de l'insolation* s'abaisse à son *minimum annuel* 83° 8m.

Le baromètre accuse plusieurs oscillations assez étendues dont la principale atteint 240 m/m le 19. Le baromètre remonte ensuite assez rapidement jusqu'à 770,5 le 28. C'est le *maximum annuel de pression* révélé par le baromètre enregistreur.

La vitesse du vent, bien que modérée, atteint assez fréquemment 10m par seconde avec un maximum de 16m le 19.

COMPARAISONS ACTINOMÉTRIQUES

Par F. HOUDAILLE.

L'application des mesures actinométriques à la discussion des phénomènes agricoles tels que la marche de l'échauffement des sols, l'évolution des diverses phases de la végétation, la détermination des époques de maturité, a fait l'objet de divers travaux, tels que ceux de M. de Gasparin et de M. Marié Davy, mais n'a pas été généralisée. On a substitué en général dans la discussion de ces faits la marche de la température à la marche de la radiation. Ces deux éléments sont loin toutefois de présenter une marche parallèle, et les relations de la radiation solaire sont sans aucun doute beaucoup plus directes que celles de la température avec le développement des phénomènes de la végétation. La radiation règle la vie de la plante non seulement en retentissant indirectement sur elle par la température du sol et de l'air ; elle préside encore directement à l'activité des échanges réalisés entre le végétal et le sol ou l'atmosphère en réglant le travail de l'assimilation et de la transpiration. Si la considération de la radiation a été quelque peu négligée par les agronomes, cela vient en grande partie de ce que l'exécution des observations actinométriques courantes présente de réelles difficultés.

La détermination rigoureuse de la radiation solaire ne peut être obtenue qu'à l'aide d'appareils assez délicats, qui ne donnent en général la valeur de la radiation que pour l'instant de l'observation. Or la radiation solaire est soumise à de telles variations dans le cours d'une journée, qu'il est impossible d'utiliser, pour la discussion des phénomènes agricoles, les déterminations actinométriques isolées, alors même qu'elles seraient répétées toutes

les trois heures. En dehors des appareils conduisant à des mesures rigoureuses, il existe plusieurs sortes d'actinomètres que les physiciens ont cru devoir éliminer parce qu'ils manquent de précision, tant dans la nature des radiations qu'ils mesurent que dans la valeur de la radiation mesurée. De ce nombre sont l'*actinomètre à thermomètres conjugués* et l'*actinomètre à vaporisation*. Nous ne nous sommes pas proposé dans le présent travail de réhabiliter ces deux appareils dont la critique a été faite par plusieurs physiciens; mais nous avons voulu rechercher la valeur de l'erreur commise en déduisant pour diverses journées la valeur de la radiation totale diurne de leur observation au lieu de la déterminer à l'aide des actinomètres de précision qui mesurent seuls la quantité totale de chaleur contenue dans la radiation solaire.

On peut remarquer en effet que la marche de deux actinomètres mesurant des radiations différentes peut n'être pas parallèle; mais une certaine compensation peut s'établir dans le cours d'une même journée, de telle sorte que le total diurne de la radiation déduit de l'actinomètre absolu et des deux autres actinomètres soit représenté, pour les diverses journées, par des nombres assez voisins. Il est évident, en outre, que les observations actinométriques agricoles ne demandent pas un degré de précision analogue à celui qui est exigé pour la détermination de la constante solaire et qu'alors même que l'erreur atteindrait jusqu'à 5 °/₀ de la valeur totale de la radiation mesurée, il ne serait pas impossible d'utiliser les renseignements obtenus pour la discussion de divers phénomènes de la végétation. Nous avons donc comparé la marche de l'actinomètre à thermomètres conjugués et de l'actinomètre à vaporisation observés d'heure en heure avec celle de la radiation solaire exprimée par les graphiques de l'actinomètre enregistreur de M. Crova installé à l'Ecole d'Agriculture. Ces comparaisons ont été répétées pour plusieurs journées appartenant à des saisons extrêmes de l'année, l'été et l'hiver, afin de découvrir l'action variable qui pouvait être

exercée sur la marche comparée des trois actinomètres par les conditions essentiellement différentes de température, de transparence calorifique de l'atmosphère et de durée de l'insolation diurne. Nous rappellerons en peu de mots la disposition des trois actinomètres utilisés dans ces comparaisons.

Actinomètre enregistreur de M. Crova. — L'organe essentiel est une pile thermo-électrique fer et maillechort exposée à la radiation. L'intensité du courant thermo-électrique produit sert de mesure à la radiation et est accusée par la direction de l'aiguille d'un galvanomètre enregistrée photographiquement. Le total de la radiation diurne peut se déduire de la planimétrie des graphiques diurnes de l'intensité calorifique. Dans ces graphiques, une heure est représentée par 1 centimètre et 1 calorie gramme-minute-centimètre carré, par une ordonnée de 60 millimètres environ. Le tarage de l'appareil est obtenu à l'aide de l'actinomètre calorimétrique Crova à alcool et mercure.

Actinomètre à thermomètres conjugués. — Un thermomètre à mercure à réservoir sphérique brillant et un thermomètre à réservoir sphérique noirci et d'égal diamètre sont enfermés séparément dans deux ballons de verre concentriques dans l'intérieur desquels on a fait le vide. La différence des lectures des deux thermomètres observés simultanément fait connaître la valeur de la radiation mesurée qui correspond plus spécialement aux rayons calorifiques lumineux. Le modèle utilisé dans nos recherches a été construit en 1892 par la maison Alvergniat. Le diamètre de l'enveloppe extérieure sphérique est de 45 millim.; celui du réservoir des thermomètres est de 9 $^{m}/_{m}$,2. La tige thermométrique est divisée en 1/5 de degré.

Actinomètre à vaporisation. — Cet appareil, d'origine italienne, a été construit d'après les indications de M. Descroix par la maison Alvergniat (V. fig. 1). Il consiste en un réservoir sphérique et coloré en bleu foncé rempli d'alcool éthylique. Dans ce réservoir,

de 46 millim. de diamètre, pénètre l'extrémité effilée d'un tube gradué qui présente lui-même, à 90 millim. de distance du centre du réservoir à alcool, un épanouissement sphérique de 40 millim. de diamètre. Enfin le réservoir à alcool est entouré d'une enveloppe concentrique de verre transparent, à l'intérieur de laquelle on a fait le vide. L'appareil étant redressé verticalement, le réservoir en haut et exposé au soleil, la distillation de l'alcool se produit sous l'influence de la différence de température provoquée par l'inégale absorption du réservoir coloré à l'alcool et du tube gradué transparent. La condensation du liquide distillé dans le tube gradué donne la valeur du total de la radiation mesurée qui correspond plus spécialement, de même que dans l'appareil précédent, aux rayons calorifiques lumineux.

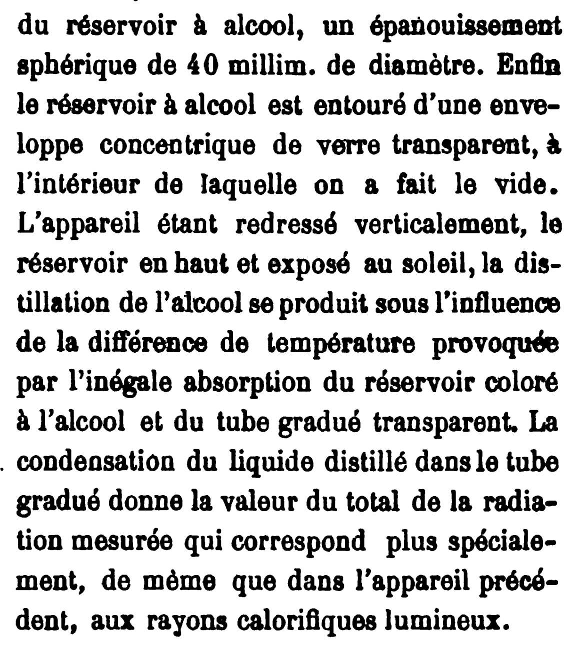


Fig. 1. — Actinomètre à vaporisation.

Discussion des observations. — L'observation de l'actinomètre à thermomètres conjugués et de l'actinomètre à vaporisation a été faite environ d'heure en heure, pendant le cours des diverses journées. L'actinomètre à vaporisation était retourné la veille après le coucher du soleil, et, comme la distillation du liquide était nulle pendant la nuit, la lecture de l'appareil la veille au soir servait d'origine pour les lectures successives de la matinée du jour d'observation. Les graphiques de l'actinomètre enregistreur ont été décalqués sur papier quadrillé au millimètre, et l'on a construit sur la même feuille, en utilisant la même ligne d'abscisse, le diagramme des observations horaires des deux actinomètres comparés. Dans ces divers diagrammes, une heure était représentée par 10 millim. d'abscisse ; 1 calorie de l'enregistreur était représentée par 61 millim. d'ordonnée ; 1 degré de différence des

deux thermomètres conjugués par 5 millim.; 1 centim. cube de liquide distillé dans l'actinomètre à vaporisation par 20 millim. Les fig. 2 et 3 reproduisent, réduits au 3/4, les 3 diagrammes de la marche des actinomètres pour deux des journées d'observation.

La planimétrie des diagrammes a permis d'obtenir, par la mesure de la surface de leur aire totale et de l'aire comprise entre le lever du soleil et l'ordonnée de midi, les indications suivantes :

1° Nombre de calories reçues sur une surface exposée normalement aux rayons du soleil : 1° pendant toute la journée, 2° du lever à midi, 3° de midi au coucher (Actinomètre enregistreur).

2° Quantité de radiation calorifique lumineuse envoyée par



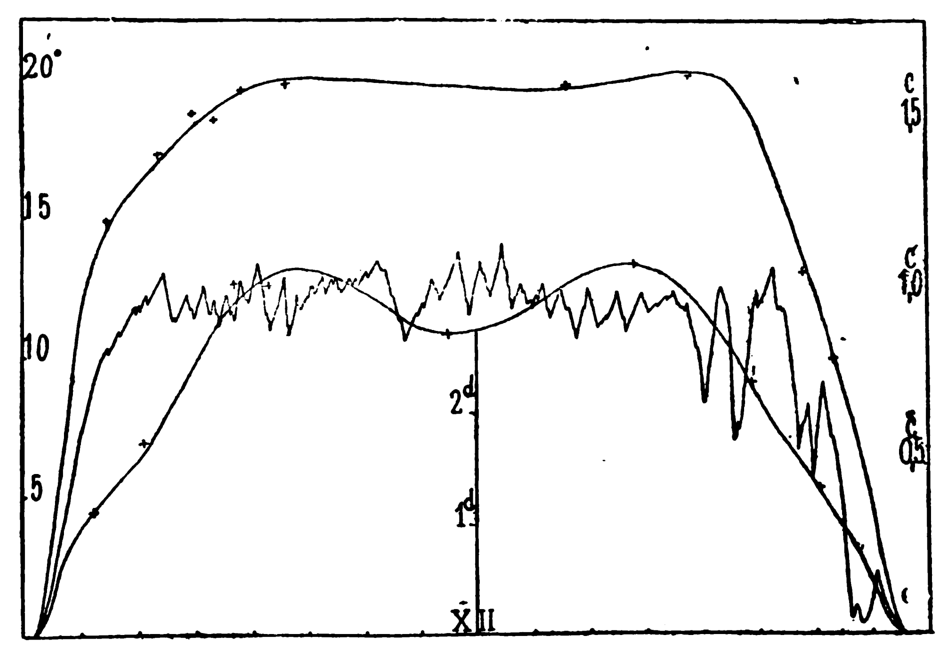


Fig. 2. — Journée du 24 mai 1892. – Marche comparée des trois actinomètres. — Courbe supérieure : Actinomètre à thermomètres conjugués. — Courbe moyenne : Actinomètre enregistreur. — Courbe inférieure : Actinomètre à vaporisation.

rayonnement direct du soleil et par celui de l'atmosphère sur le réservoir des thermomètres conjugués : cette quantité a été

exprimée en *degrés-heures*. Un degré-heure mesure la quantité de radiation calorifique lumineuse correspondant à une différence de 1° maintenue pendant une heure dans les lectures des deux thermomètres. La planimétrie des diagrammes a donné la valeur de la radiation ainsi mesurée 1° pour toute la journée, 2° du lever à midi et 3° de midi au coucher.

3° Quantité de radiation calorifique lumineuse envoyée par rayonnement direct du soleil et par celui de l'atmosphère sur le réservoir sphérique à alcool. Cette quantité est exprimée en centimètres cubes d'alcool distillé : 1° pendant toute la journée, 2° du lever à midi, 3° de midi au coucher.

Nous reproduirons ici le tableau des observations d'où sont déduits ces divers éléments pour deux journées seulement, celles du 24 mai 1892 et du 6 décembre 1893, représentées par les fig. 2 et 3.

Journée du 24 Mai 1892.

Heure de l'observation	Actinomètre à vaporisation			Actinomètre à thermomètres conjugués		Différences
	Lectures	Différence totale	Différence par heure	Th. noir	Th. brillant	
h m	cc	cc	cc	°	°	°
5.10......	11.45			22.7	14.6	8.1
		0.80	1.12			
5.53......	12.25			35.3	20.3	15.0
		0.20				
6.3	12.45			36.8	21.2	15.6
		1.05	1.75			
6.39......	13.50			41.4	23.9	17.5
		1.15	1.73			
7.19......	14.65			45.2	26.3	18.9
7.25......	0.10			45.3	26.7	18.6
		2.28	3.17			
8.8	2.38			48.8	29.1	19.7
		2.22	3.16			
8 50......	4.60			49.2	29.4	19.8
		12.80	2.69			
1.35......	17.40			52.8	33.0	19.8
1.39......	2.30			»		
		6.85	3.37			
3.39......	9.15			51.4	31.0	20.4
		4.15	2.24			
5.30......	13.30			38.2	25.2	13.0
		0.7	1.31			
6.2	14.00			32.4	22.6	9.8

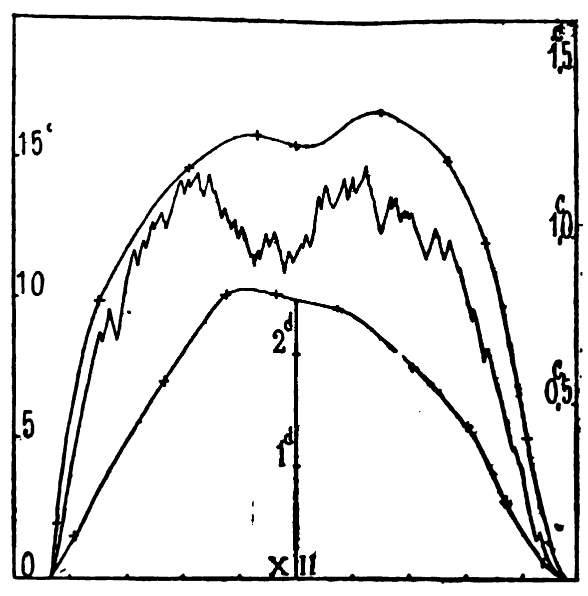


Fig. 3. — Journée du 6 décembre 1893. — Marche comparée des trois actinomètres. — Courbe supérieure : Actinomètre à thermomètres conjugués. — Courbe moyenne : Actinomètre enregistreur. — Courbe inférieure : Actinomètre à vaporisation.

JOURNÉE DU 6 DÉCEMBRE 1893.

h m	cc	cc	cc	°	°	°
7h.45m.....	0.1			—02	—2.2	2.0
		0.3	0.4			
8.30......	0.4			13.4	3.4	10.0
		0.4	0.53			
9.15......	0.8			18.8	6.2	12.6
		1.55	1.80			
10.7	2.35			25.3	10.4	14.9
		3.25	2.55			
11.20......	5.6			30.2	14.2	16.0
		1.70	2.55			
12.0	7.3			30.0	14.4	15.6
		3.65	2.45			
1.30......	10.95			33.3	16.5	16.8
		2.25	1.92			
2.40......	13.2			30.6	15.5	15.1
		1.05	1.40			
3.25......	14.25			23.5	11.4	12.1
		0.45	0.68			
4.5	14.7			11.1	6.0	5.1
		0.1	0.15			
4.45......	14.8			3.0	2.8	0.2

Ainsi qu'on peut le voir par la comparaison des chiffres ci-dessus, la marche de l'intensité calorifique révélée par les trois actinomètres est loin d'être parallèle. Dans la journée du 6 décembre, alors que la radiation mesurée par l'enregistreur subit une dépression marquée de 10 h. 30 à midi, la différence de température accusée par l'actinomètre à thermomètres conjugués ne cesse de croître jusqu'à 1 h. 30. Nous reviendrons plus loin sur les causes probables de la discordance des deux actinomètres. L'actinomètre à vaporisation suit pendant la journée du 24 mai une marche assez voisine de celle de l'actinomètre à thermomètres conjugués. Dans cette journée, le minimum, assez accusé, de 2^{cc},69, correspondant à l'intervalle de 8 h. 50 à 1 h. 35, paraît, comme nous le montrerons ultérieurement, se rattacher au défaut de comparabilité de l'instrument pour les différentes parties de sa graduation. Pendant les journées d'été, le liquide contenu dans le réservoir ne suffit plus à la distillation d'une journée complète, et l'appareil doit être remis en fonction plusieurs fois dans le cours de la journée. Or, pour la dernière partie de la graduation, la quantité de liquide contenue dans le réservoir a notablement diminué, et une même quantité de chaleur reçue produit une moindre distillation de liquide. Cette particularité explique les irrégularités présentées par la marche de la radiation déduite des observations horaires de l'appareil. Les comparaisons portant sur l'intervalle d'une journée complète ou tout au moins d'une demi-journée présentent par suite plus d'intérêt que celles faites sur une période plus restreinte. Nous les avons résumées dans le tableau suivant.

COMPARAISONS ACTINOMÉTRIQUES

Journées de Printemps et d'Été

Date		Radiation totale diurne	Radiation du lever à midi	Radiation de midi au coucher	Température moyenne
19 mai 1892...	Act. Enreg...	561cal	207cal	354cal	
—	Act. Vap....	26cc.90	9cc.7	17cc.2	18°,5
—	Act. Th. Conj.	194dh.4	61dh.4	133dh	
20 mai	A. E........	830	489	341	
—	A. V........	37.95	16.9	21.05	19°,9
—	A. T. C.....	248	126	122	
21 mai	A. E........	870	468	400	
—	A. V........	33.30	16.65	16.65	21°,0
—	A. T. C......	250	125	125	
24 mai	A. E........	793	433	360	
—	A. V........	32.6	16.45	16.15	17°,7
—	A. T. C.....	254	134	120	
29 juin.......	A. E........	689	362	327	
—	A. V........	34.45	17.30	17.15	23°,9
—	A. T. C.....	232	116	116	
1er juillet....	A. E........	907	458	447	
—	A. V........	35.85	17.05	18.80	22°,6
—	A. T. C.....	239	121	118	

Journées d'Automne et d'Hiver

Date		Radiation totale diurne	Radiation du lever à midi	Radiation de midi au coucher	Température moyenne
25 octobre 1893	A. E........	280cal	188cal	92cal	
—	A. V.......	13cc.9	7cc.9	6cc.0	14°,7
—	A. T. C.....	97dh.0	54dh.8	42dh.2	
3 novembre..	A. E........	437	174	262	
—	A. V.	15.85	7.30	8.55	14°,45
—	A. T. C.....	132	59.2	72.8	
28 novembre..	A. E.......	515	276	238	
—	A. V.......	12.1	4.5	7.6	6°,70
—	A. T. C.....	127	60.2	66.8	
6 décembre...	A. E........	464	234	231	
—	A. V........	14.8	7.3	7.5	4°,00
—	A. T. C.....	113	55	58	
15 décembre...	A. E........	434	213	222	
—	A. V........	15.0	6.9	8.1	8°,85
—	A. T. C.....	112	53	59	
18 décembre...	A. E........	474	246	230	
—	A. V........	15.65	8.1	7.55	7°,15
—	A. T. C.....	109	51	58	

Nous avons déduit de la marche comparée des trois actinomètres rapportée ci-dessus la valeur en centimètres cubes d'alcool distillé par l'actinomètre à vaporisation de 1 calorie inscrite par l'enregistreur pour l'intervalle de une journée complète et pour chacune des moitiés de la journée. Nous donnons également, pour les mêmes périodes, la valeur de 1 calorie, en degré-heure de l'actinomètre à thermomètres conjugués.

JOURNÉES DE PRINTEMPS ET D'ÉTÉ

Valeur équivalente à 1 calorie reçue par l'enregistreur.

	Actinomètre à vaporisation.			Actinomètre à therm. conjugués.		
	Journée totale	1re moitié	2e moitié	Journée totale	1re moitié	2e moitié
	cc	cc	cc	o	o	o
19 mai 1892..	0.0478	0.0468	0.0486	0.336	0.296	0.375
20 mai.......	0.0456	0.0345	0.0618	0.300	0.257	0.357
21 mai.......	0.0382	0.0361	0.0416	0.287	0.267	0.312
24 mai.......	0.0410	0.0380	0.0450	0.320	0.310	0.322
29 juin.......	0.0500	0.0480	0.0525	0.336	0.321	0.355
1er juillet....	0.0395	0.0374	0.0421	0.264	0.265	0.263
Moyenne.....	0.0437	0.0401	0.0486	0.307	0.286	0.332

JOURNÉES D'AUTOMNE ET D'HIVER

25 octobre 1893	0.0495	0.0420	0.0650	0.346	0.291	0.460
3 novembre..	0.0362	0.0420	0.0325	0.302	0.340	0.278
28 novembre..	0.0235	0.0164	0.0320	0.247	0.217	0.282
6 décembre..	0.0319	0.0312	0.0323	0.243	0.235	0.251
15 décembre..	0.0315	0.0323	0.0363	0.257	0.249	0.252
18 décembre..	0.0329	0.0330	0.0328	0.230	0.207	0.252
Moyenne.....	0 0347	0.0328	0.0385	0.271	0.256	0.296

On voit que la transformation de 1 calorie pendant les deux moitiés d'une même journée se traduit par des valeurs différentes des indications des deux actinomètres. Il faut plus de chaleur le matin que le soir pour distiller un même volume d'alcool ou pour produire une même différence de température dans les indications des deux thermomètres conjugués. Ce fait semblerait, au premier abord, indiquer que la radiation du soir est plus riche que celle du matin en rayons calorifiques lumineux. On

peut toutefois rechercher une explication de cette particularité dans les considérations suivantes. L'actinomètre enregistreur, qui exprime en calories la valeur de la radiation, ne reçoit et ne mesure que la radiation directe du soleil. L'actinomètre à vaporisation et l'actinomètre à thermomètres conjugués mesurent au contraire simultanément et la radiation directe et la radiation diffusée de tous les points du ciel. Il suffit donc que la radiation diffuse augmente par rapport à la radiation directe pour que, à une même quantité de chaleur mesurée par l'enregistreur, corresponde une valeur plus élevée de la différence de température des thermomètres conjugués et du volume d'alcool distillé par l'actinomètre à vaporisation. Or la quantité de rayons calorifiques lumineux diffusés par l'ensemble de la voûte céleste croît avec la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon et avec la proportion de vapeur d'eau condensée dans les hautes régions de l'atmosphère. L'étude de la marche diurne de la radiation solaire indique précisément que l'absorption de la radiation directe est plus grande dans la seconde que dans la première moitié de la journée ; il suit de là que la proportion de rayons lumineux calorifiques diffusée par les divers points de l'atmosphère est plus grande le soir que le matin.

L'accroissement de la radiation diffuse avec la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon indique de même que, pour une même quantité de chaleur mesurée par l'enregistreur, l'actinomètre à vaporisation et l'actinomètre à thermomètres conjugués doivent donner des indications plus élevées en été qu'en hiver. C'est ce qui ressort également de la comparaison des chiffres précédents. En été, 1 calorie produit une distillation de $0^{cc},0437$ et en hiver de $0^{cc},0347$ seulement [1]. De même, en été 1 calorie détermine pendant une heure une différence de $0°,307$ et en hiver de $0°,271$. Il est donc utile, si l'on veut transformer en

[1] L'accroissement rapide de la tension de vapeur de l'alcool avec la température n'est pas, comme nous le verrons plus loin, étranger à ce résultat.

calories les indications des deux actinomètres, d'adopter pour les diverses saisons de l'année des coefficients de réduction différents. On pourrait obtenir pour chaque saison de l'année une valeur approchée du nombre de calories reçues par jour, en divisant soit le volume total d'alcool distillé, soit les différences des thermomètres conjugués exprimées en degré-heure par les nombres suivants :

DIVISEURS POUR LA TRANSFORMATION EN CALORIES DES INDICATIONS DES ACTINOMÈTRES.

	Été	Printemps et Automne	Hiver
Actinomètre à vaporisation.	0.0437	0.0392	0.0347
Actin. à therm. conjugués..	0.307	0.289	0.271

On voit aussi que les coefficients de transformation en calories des indications de l'actinomètre à thermomètres conjugués présentent d'un jour à l'autre des variations aussi étendues que ceux déduits de l'observation de l'actinomètre à vaporisation. La précision que l'on peut espérer obtenir en demandant aux deux actinomètres l'indication des calories reçues semble à peu près égale, et comme au point de vue pratique l'observation unique diurne de l'actinomètre à vaporisation est infiniment moins assujettissante que la lecture horaire des thermomètres conjugués, il semble que l'actinomètre à vaporisation se recommande plus particulièrement à l'attention des météorologistes désireux d'introduire la notion des quantités de chaleur reçue dans la discussion des phénomènes agricoles.

Malheureusement, l'actinomètre à vaporisation tel qu'il est actuellement construit n'est pas encore pratique pendant la plus grande partie de l'année pour la région méridionale et notamment sous le climat de Montpellier. Nous avons vu, en effet, que pendant l'été la quantité d'alcool contenu dans le réservoir ne suffisait pas à la distillation d'une journée complète. La graduation de l'instrument ne comporte que 23 centim. cubes, la distillation diurne s'est élevée le 1[er] juillet à 35^{cc},85. De plus,

la vitesse de la distillation de l'alcool se ralentit considérablement dès qu'il ne reste plus dans le réservoir que 1/5 environ du liquide initial. La vitesse de distillation dépend, en effet, pour une même quantité de chaleur reçue, d'un assez grand nombre de facteurs distincts, tels que le volume du liquide contenu dans le réservoir, l'épaisseur traversée et la surface d'évaporation du liquide, le volume de vapeur alcoolique traversé par la radiation. Ces divers facteurs subissent des variations continues pendant le cours de la distillation, et vers la fin de l'évaporation, la valeur des termes dont l'accroissement entraîne l'augmentation de la vitesse de distillation décroît considérablement.

La vitesse de distillation de l'alcool pour une même intensité calorifique de la radiation doit donc aller en diminuant vers la fin de la journée et être plus faible pour la seconde que pour la première moitié. Une cause toutefois agit en sens inverse et contribue à rétablir dans le cours de la journée la proportionnalité des indications de l'actinomètre à vaporisation. La tension de vapeur de l'alcool éthylique croît rapidement avec la température ainsi que l'indique le tableau suivant :

Température	Tensions de vapeur	Différences
°	m/m	m/m
0	12,7	
		11,5
10	24,23	
		20,23
20	44,46	
		34,06
30	78,52	

Une même différence de 10° de température entre la surface d'évaporation et la surface de condensation déterminerait, par suite, des vitesses d'évaporation variant de 11,5 à 34,0, suivant que l'évaporation serait réalisée à la température moyenne de 5° ou de 25°. La vitesse d'évaporation doit par suite, pour cette cause, être plus grande, à égalité de radiation, le soir que le matin et surtout l'été que l'hiver. Les observations rapportées plus haut montrent qu'il s'établit dans le cours d'une même journée une certaine compensation entre l'accroissement de l'évaporation

produit par la loi de variation des tensions de vapeur et le décroissement déterminé par la réduction de volume du liquide soumis à l'évaporation.

La variation des chaleurs de vaporisation avec la température n'intervient que faiblement pour modifier la vitesse d'évaporation. La chaleur latente de vaporisation de l'alcool ne varie entre les limites de 0° et 30° que de $236^{cal},5$ à $240^{cal},5$. Cette action aurait pour effet de diminuer la vitesse d'évaporation pendant la seconde moitié de la journée.

L'action dominante qui intervient pour fausser dans le cours d'une même journée la proportionnalité des indications de l'instrument paraît être la réduction du volume de liquide soumis à l'évaporation.

Aussi peut-on facilement constater, pendant le cours d'une journée telle que celle du 24 mai, qu'après chaque remplissage du réservoir la radiation accusée par l'appareil présente un accroissement marqué, puis va en décroissant vers la fin de la distillation. Ce n'est qu'entre certaines limites de la graduation que la distillation de l'alcool tend à être proportionnelle au nombre de calories reçues.

Pour remédier à ce défaut de l'instrument, nous avons essayé de substituer à l'alcool éthylique un alcool bouillant à une température plus élevée, tel que l'alcool isobutylique, dont la vitesse de distillation fût plus faible. Malheureusement une particularité de la condensation des vapeurs de cet alcool supérieur nous a conduit à un échec dans la réalisation de cette tentative expérimentale. Tandis que l'alcool éthylique distille sans se condenser sensiblement à la surface libre intérieure du réservoir, l'alcool isobutylique se précipite en gouttelettes adhérentes qui augmentent considérablement la proportion de radiations absorbées par le réservoir lorsque la distillation est rapide. Si la distillation est lente, les gouttelettes ne se forment plus, et l'absorption est moindre. Aussi la comparaison de deux actinomètres à vaporisation semblables remplis l'un d'alcool éthylique, l'autre d'alcool

isobutylique nous a donné des vitesses de distillation tantôt supérieures, tantôt inférieures pour l'alcool éthylique suivant l'intensité de la radiation et aussi suivant la valeur de la température extérieure. De plus la distillation de l'alcool isobutylique est en général très faible pendant les premières heures de la matinée ; les gouttelettes condensées dans l'épanouissement sphérique du tube gradué restent adhérentes, et ce n'est que lorsqu'elles ont acquis un volume suffisant qu'elles s'écoulent dans le tube de mesure. On voit que tous les liquides vaporisables ne sont pas également favorables à la construction des actinomètres à vaporisation. Peut-être arriverait-on à un meilleur résultat en conservant l'alcool éthylique, mais en augmentant les dimensions du réservoir. La surface d'absorption du liquide augmentant moins vite que le volume, on pourrait espérer d'enfermer dans le réservoir une quantité de liquide capable de suffire à la distillation d'une journée complète.

Résumé et conclusions. — 1° L'actinomètre à vaporisation et l'actinomètre à thermomètres conjugués suivent pendant le cours d'une journée une marche le plus souvent parallèle pour chacun d'eux, mais distincte de la marche de la radiation accusée par l'actinomètre enregistreur thermo-électrique.

2° Pour une calorie reçue par l'enregistreur, les deux appareils donnent des radiations actinométriques plus élevées dans la seconde moitié de la journée que dans la première et pendant l'été que pendant l'hiver.

3° L'actinomètre à vaporisation, d'une observation facile et peu assujettissante, nous paraît néanmoins devoir être recommandé pour l'étude des phénomènes agricoles qui sont liés aux variations de la radiation solaire. Le modèle actuellement construit est toutefois insuffisant pour mesurer, à l'aide d'une seule observation diurne, la radiation totale de la journée sous le climat de Montpellier pendant une partie de l'année.

LA SÉCHERESSE DE L'ANNÉE 1893

Par F. HOUDAILLE.

La sécheresse de l'année 1893 et en particulier de la période du printemps a été générale en France et sur la plus grande partie de l'Europe. Diverses régions ont été plus spécialement éprouvées. En France, les régions situées à l'Est ont été plus fortement atteintes que celles situées à l'Ouest, et le Midi plus que le Nord. Les départements dans lesquels la production agricole était plus spécialement basée sur les récoltes fourragères ont plus souffert que les régions où se développent les cultures arbustives telles que la vigne. Le département de l'Hérault, bien que situé dans la zone méridionale, où la sécheresse a été intense, semblait donc favorisé par la nature de sa production agricole essentiellement basée sur la vigne.

La sécheresse de 1893 a toutefois exercé une influence manifestement défavorable au rendement économique de son vignoble. La production du vignoble de l'Hérault n'a pas été sensiblement supérieure à celle des années précédentes, tandis que dans les autres régions viticoles les rendements ont nettement doublé en 1893 ; de telle sorte que, le prix du vin s'abaissant notablement, le rendement économique des vignobles dans l'Hérault a subi une dépréciation considérable par le fait de la sécheresse persistante de cette année. Nous avons pensé qu'il serait utile de discuter dans le présent Bulletin la marche des divers éléments météorologiques qui ont déterminé la sécheresse exceptionnelle de notre région. Nous examinerons successivement la marche de la radiation solaire, de la température de l'air et du

sol, de l'état hygrométrique de l'air, de la pluie et de l'évaporation dans leurs rapports avec la sécheresse de l'air et du sol.

Radiation solaire. — La radiation solaire est considérée à juste titre comme le premier moteur des phénomènes météorologiques. Ce ne sont point toutefois les variations de cet élément qui ont caractérisé l'année 1893. Cette dernière diffère très peu de la série 1883-88 par les valeurs mensuelles de la durée de l'insolation ainsi que l'on peut s'en convaincre par l'examen du tableau suivant.

DURÉE MENSUELLE DE L'INSOLATION A MONTPELLIER

	D	J	F	M	A	M
Série 1883-88.	101h	123	103	178	169	244
Année 1893...	87h	103	116	182	237	231
Différence....	— 14	— 21	+ 13	+ 4	+ 68	— 13
	J	J	A	S	O	N
Série 1883-88.	263	292	294	200	170	110
Année 1893 ..	253	251	295	204	177	83
Différence....	— 10	— 41	+ 1	+ 4	+ 7	— 27

Les durées de l'insolation mensuelle ne s'écartent pas sensiblement des valeurs observées, année normale. L'insolation a été toutefois plus prolongée en avril. C'est aussi le mois pour lequel la température a subi le relèvement le plus marqué. L'insolation a été notablement réduite en juillet : ce fait se rattache à la chute des premières pluies, qui ont interrompu à cette date la sécheresse intense de la première moitié de l'année. Les observations actinométriques faites simultanément n'indiquent pas, à part un relèvement sensible de l'intensité de la radiation en mai, une variation bien accusée dans les valeurs normales de l'intensité calorifique de la radiation solaire. Les durées de l'insolation

donnent par suite, en 1893, une mesure assez approchée de la quantité de chaleur versée par le Soleil sur notre région aux diverses époques de l'année.

Mais, si la radiation solaire s'est montrée à peu près normale en 1893, sa transformation en radiation obscure à l'intérieur du sol privé d'eau par une longue sécheresse a donné naissance à des températures de l'air et du sol notablement supérieures à celles observées en moyenne pendant la série décennale.

Température de l'air. — L'année 1893 est caractérisée par un accroissement général des températures moyennes mensuelles pendant la plus grande partie de l'année.

TEMPÉRATURES MOYENNES MENSUELLES A MONTPELLIER

	D	J	F	M	A	M
Série 1873-82[1].	6°20	6.24	7.50	10.37	12.93	16.03
Année 1893...	5°70	2.80	8.86	12.28	15.88	18.97
Différences ...	—0°5	—3°35	+1°36	+ 1°92	+ 2.95	+ 2.95
	J	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**
Série 1873-82.	20.21	23.27	27.18	19.42	14.95	9.79
Année 1893...	22.35	24.04	24.59	20.63	16.92	9.33
Différences ...	+ 2.14	+ 0.77	+ 1.41	+ 1.21	+ 1.97	—0 46

On voit que, si l'on en excepte les mois de décembre, janvier et novembre, la température en 1893 est constamment en progression sur celle de la série décennale. Les plus forts accroissements correspondent aux mois d'avril, mai et juin, première période de développement de la vigne. Le mois de janvier se fait remarquer par un abaissement considérable de la température : c'est le mois où se sont produites les gelées d'hiver sur divers points du vignoble. (Voir Pl. IV, fig 1).

[1] Crova ; *La température à Montpellier*, in *Bulletin météorologique de l'Hérault*, 1889.

L'année 1893 a été marquée en outre par un accroissement notable de la valeur des températures maxima au mois de juillet et surtout au mois d'août. La moyenne des maxima a atteint en août 32°,74 ; c'est la plus élevée qui ait été observée à Montpellier depuis 21 ans ; il en est de même de la température moyenne 24°,59 de ce mois. L'année 1893 est aussi une de celles où la transition des chaleurs du mois d'août au refroidissement de septembre est la plus accusée. La différence des moyennes des maxima pour ces deux mois atteint 6°,05 ; cette valeur n'a été dépassée que pour deux années seulement depuis 1873, en 1882 et en 1884.

Température du sol. — L'étude de la distribution des températures à l'intérieur du sol aux différentes époques de l'année révèle un fait intéressant. Pendant une moitié de l'année, saison froide, la température des couches superficielles est moins élevée que celle des couches profondes : la chaleur sort du sol. Pendant l'autre moitié de l'année, saison chaude, on observe une distribution inverse de la température : La chaleur pénètre dans le sol.

La période d'inversion du printemps se produit, en général, dans le courant du mois de mars. La rapidité ou la lenteur de cette inversion ont une influence marquée sur le départ de la végétation. En 1893, la chaleur a hésité pendant toute la durée du mois de mars à entrer dans le sol. Ce n'est qu'à partir des premiers jours d'avril que la température du sol progresse rapidement. Le maximum de température annuelle a atteint en août, 25°,86 à 0m,25 et 23°,67 à 1 mèt. Le minimum de la température a atteint, en janvier, 3°,45 à 0m,25 et 7°,19 à 1 mèt. La température moyenne annuelle a atteint 15°,29 à 0m,25 et 16°,04 à 1 mèt.: ce sont les températures les plus élevées qui aient été observées à Montpellier depuis 1875 [1].

[1] Voir : *Marche de la température du sol à Montpellier*, in *Bulletin météorologique de l'Hérault*, année 1891.

Humidité de l'atmosphère. — La faiblesse des pluies de printemps et d'été, rapprochée de la surélévation de température précédemment constatée, fait prévoir une diminution marquée de l'état hygrométrique de l'air en 1893. Cette déduction est pleinement confirmée par les observations du tableau suivant :

MARCHE DE L'ÉTAT HYGROMÉTRIQUE A MONTPELLIER

	D	J	F	M	A	M
Série 1875-88.	79.70	81.77	76.39	69.80	66.98	62.03
Année 1893...	75.86	69.54	66.60	52.74	50.19	46.80
Différence	— 3.94	—12.23	— 9.79	—17.06	—16.88	—15.23
	J	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**
Série 1875-88.	58.31	55.58	57.45	66.38	70.71	80.18
Année 1893...	51.83	49.41	55.83	64.23	69.51	71.03
Différence	— 6.98	— 6.98	— 1.60	— 2.15	— 1.20	— 9.15

Tous les mois de 1893 ont donc été, sans exception, plus secs qu'en année normale (V. Pl IV, fig. 2). Les mois pour lesquels l'écart a été le plus accusé sont mars, avril et mai. Le minimum d'état hygrométrique qui, en général, est réalisé en juillet s'est produit au mois de mai. La sécheresse générale de l'atmosphère a contribué à augmenter notablement l'évaporation du sol, et cela d'autant plus que les conditions les plus favorables à l'évaporation ont été réalisées dès le début du printemps, au moment où les assises supérieures du sol sont encore abondamment pourvues d'humidité. L'état hygrométrique moyen annuel à 9 heures du matin de la série 1875-88 a été de 0,687; il n'a pas dépassé 0,602 en 1893.

Le régime des pluies. — Le régime des pluies en 1893 n'est pas moins caractéristique que celui des températures. Ces deux

facteurs du climat présentent du reste des liens assez étroits et réagissent réciproquement l'un sur l'autre pour développer simultanément le caractère de sécheresse de l'année 1893. Si les pluies sont rares, l'air est en général transparent, le sol plus sec s'échauffe plus rapidement et la température s'élève. La rareté des pluies et l'élévation de la température s'associent pour concourir à la dessiccation progressive du sol. Il n'est donc pas surprenant de voir la rareté des pluies, l'élévation de la température et la sécheresse de l'air et du sol marcher en général de pair pendant l'évolution de l'année.

HAUTEUR MOYENNE MENSUELLE DES PLUIES A MONTPELLIER

	D	J	F	M	A	M
Série 1873-88[1]	50m/m1	103.1	41.8	4.8	96.3	49.1
Année 1893...	4m/m0	24.8	25.5	3.5	13.5	47.0
Différence....	—46.1	— 46.1	—16.3	—44.5	—82.8	— 2.1
	J	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**
Série 1873-88.	49.0	24.4	45.9	80.7	76.2	77.5
Année 1893...	37.0	107.5	187	157	56.5	72
Différence....	—12	+ 83.1	+149.9	+ 74.3	-19.7	— 5.6

Le caractère dominant est la faiblesse des pluies pendant la première moitié de l'année (V. Pl. IV, fig. 3). Il n'est tombé pendant le mois de décembre que 4 millim. et pendant celui de mars que $3^{mm},5$. Des périodes aussi sèches sont peu fréquentes à Montpellier à cette époque de l'année. Les pluies d'hiver et de printemps prédominent en général; les pluies d'été sont très réduites. En 1893, l'inversion a été presque complète. Mais les

[1] F. Houdaille; *Le régime des pluies dans le département de l'Hérault*, in *Bulletin météorologique de l'Hérault*, 1889.

pluies d'été survenues en juillet sur un sol desséché pendant une sécheresse de six mois consécutifs n'ont pas eu une action immédiate, et la plus grande partie de la période de végétation de la vigne a été impressionnée par la rareté des pluies. Les pluies abondantes portées à l'actif du mois d'Août ne sont tombées que dans les derniers jours du mois, alors que les vendanges étaient déjà commencées sur divers points du vignoble méridional. Elles ont été, en général, plus funestes qu'utiles à la qualité de la récolte.

Bien que les pluies aient été peu abondantes en 1893, le nombre des jours de pluie a été plus élevé qu'année moyenne.

NOMBRE DE JOURS DE PLUIE

	D	J	F	M	A	M
Année 1893...	5	11	8	4	2	8
Série 1875-84.	3.5	5	4	4	6.1	4.4
Différence	+1.5	+ 6.0	+4	0	—4.1	+3.6
	J	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**
Année 1893...	10	4	3	6	5	10
Série 1875-84.	3.7	2.3	2.0	4.8	4.7	4.9
Différence	+6.3	+1.7	+1.0	+1.2	+0.3	+5.1

Le mois d'avril seul a fourni un nombre de jours de pluie inférieur à la moyenne. Le mois de janvier, avec 11 jours de pluie, n'a apporté que 24^{mm},8. Les petites ondées inférieures à 4 millim. ont prédominé en 1893; elles sont au nombre de 46 sur les 76 jours de pluie de l'année. Pendant l'année 1885, année pluvieuse, le nombre de jours de pluie s'est élevé à 90, et sur ce total il n'y a eu que 39 journées de pluie inférieures à 4 millim.

Le tableau suivant donne la distribution des jours de rosée et de leur importance pendant l'année 1893.

ROSÉES EN 1893

	D	J	F	M	A	M
Épaisseur de la rosée..	m/m 1.026	0.448	0.672	0.834	0.696	0.284
Nombre de jours....	15	5	8	12	13	3
	J	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**
Épaisseur de la rosée.	0.680	0.140	0.968	0.676	1.602	0.310
Nombre de jours....	11	4	13	4	16	5

Relations entre la pluie et l'évaporation. — La sécheresse ou l'humidité relative du sol et de l'atmosphère peuvent se déduire assez directement de la comparaison de la pluie tombée et de l'eau dissipée par l'évaporation du sol pour chaque mois de l'année. Le signe de la différence P-E. entre la pluie tombée P et l'eau évaporée E est essentiellement propre à caractériser l'état de la sécheresse du sol et de l'atmosphère dans le cours de l'année.

La valeur de l'évaporation du sol a été déduite des observations de l'évaporomètre Piche pour une période de dix années en comparant les valeurs de l'évaporation accusée par l'instrument avec le total de la pluie moyenne dans la même période, qui diffère peu pour cet intervalle du total de l'eau dissipée par le sol soit par évaporation, soit par ruissellement.

PLUIE ET ÉVAPORATION A MONTPELLIER

	D	J	F	M	A	M
Évaporomètre Piche.	70m/m	70	77	153	152	189
Pluie	4m/70	24.8	25.5	3.5	13.5	47
Evaporation du sol déduite	26m/m9	26.9	29.5	58.5	58	72.5
Différence : Pluie — Evaporation 1893.	—22.9	— 2.1	— 4.0	— 55	—44.5	—25.5
Différence : Pluie — Evapor. 1875 84..	+10.3	+74.8	—12.2	— 21	+45.5	—14

	J	J	A	S	O	N
Évaporomètre Piche.	221	253	195	121	94	71
Pluie.........	37	107.5	187	157	56.5	72
Evaporation du sol déduite	85	97	75	46.5	36	27.2
Différence : Pluie — Evaporation 1893.	—48	+10.5	+112	+110.5	+20.5	+44.8
Différence : Pluie — Evapor. 1875-84..	—37	—90	— 64	+ 17	+ 9	+12.3

On voit que, tandis que, année normale, le caractère de sécheresse lié au signe négatif et à la valeur de la différence entre la pluie et l'évaporation est limité plus spécialement aux mois de juin, juillet et août, l'année 1893 accuse une sécheresse persistante du mois de décembre au mois de juillet. Pour aucun des mois compris dans cet intervalle, la pluie n'a pu combler le déficit de l'évaporation ; il y a donc eu aggravation progressive de la sécheresse. Les pluies de juillet n'ont pas suffi à solder l'arriéré, et ce n'est qu'à la fin du mois d'août que commence la période humide de l'année 1893. Voir Pl. IV, fig. 4.

Humidité du sol. — La conclusion que nous venons d'énoncer est du reste parfaitement confirmée par la détermination de la quantité d'eau contenue dans les diverses assises d'un sol argilo-

calcaire de la région de Montpellier (plateau de l'Ecole d'Agriculture).

HUMIDITÉ DU SOL P. %

Date des observations..	27 déc. 92	23 février	12 avril	9 juin	26 juillet	27 sept.	7 nov.
A la surface du sol	9.64	8.80	1.20	2.24	2.20	6.20	5.90
à 0m,25	11 30	12.60	6.20	6.96	5.38	8.84	8.44
à 0m,50	10.10	12.10	8.86	6.90	5.90	8.54	7.20
à 1m,00	7.60	7.58	7.40	6.90	5.60	6.56	6.36

Dès le 12 avril, la teneur en eau à 0m,25 s'abaissait rapidement à 6,20 %; la sécheresse progressait dans le sol d'une manière continue, et le 26 juillet l'humidité du sol s'abaissait à 5,90 % à 0m,50 de profondeur. Quant à la couche située à 1 mètre, elle est limitée à sa partie inférieure et à une faible distance par un banc imperméable de calcaire ; elle a dû fournir depuis le mois de décembre de l'humidité aux couches supérieures sans en recevoir. Ce fait explique pourquoi sa teneur en humidité a été constamment inférieure à celles des couches situées à 0m,25 et à 0m,50. Cette remarque confirme d'ailleurs le rôle essentiel joué par les couches profondes du sol dans l'alimentation des assises supérieures ; elle explique comment la vigne, dont le système radiculaire est très développé, peut résister à de longues périodes de sécheresse qui suppriment la végétation des plantes à racines plus superficielles.

Tous les sols n'ont pas été du reste aussi éprouvés par la sécheresse que celui dont on vient de citer l'exemple. Nous reproduisons ci-dessous la marche correspondante de l'humidité à diverses profondeurs dans un sol argileux formé aux dépens des marnes bleues tertiaires.

HUMIDITÉ DU SOL P. %

Date des observations..	27 déc. 92	23 février	12 avril	9 juin	26 juillet	27 sept.	7 novemb.
A la surface du sol	14.56	13.00	4.16	1.70	2.64	7.50	8.20
à 0m,25	15.70	16.90	10.96	9.26	11.04	13.40	12.32
à 0m,50	15.56	15.32	13.96	13.80	12.00	12.20	12.82
à 1m,00	14.56	14.56	12.84	13.88	13.58	11.80	12.88

La comparaison de la marche de l'humidité dans ce sol argileux en 1893 avec celle des années précédentes 1889-1890-1891 et 1892 montre que les minima d'humidité observés en 1893 sont supérieurs à ceux de 1889 et 1890, à la profondeur de $0^m,50$, mais à la profondeur de 1 mèt. l'humidité du sol est notablement inférieure en 1893 à sa valeur pendant les années précédentes. En général, la dessiccation profonde du sol caractérisée par des taux d'humidité à 1 mèt., voisins de 12 °/₀, n'était réalisée que temporairement pendant deux ou trois mois au plus correspondant à la période sèche de l'année. En 1893, du 12 avril au 7 novembre, le taux de l'humidité oscille de 12,84 à 12,88 avec un faible relèvement correspondant aux petites pluies de mai, juin et juillet. De plus, tandis qu'en général pendant la saison humide de l'année le taux de l'humidité à 1 mèt. remonte à 18 °/₀ et au delà, il n'a pas dépassé 14,56 en 1893. La réserve en eau des couches profondes du sol a donc été fortement atteinte, et il convient sans doute de rapporter à cette cause l'affaiblissement manifeste présenté cette année par un assez grand nombre de vignobles du département. Les conditions de la répartition de l'humidité du sol déterminées par la sécheresse ont été à la fois défavorables à la végétation de la vigne et favorables à la multiplication de ses ennemis et en particulier du phylloxera. De nombreux insectes tels que l'opatrum et l'agriotes ont causé, à la faveur de la sécheresse du printemps, de sérieux dégâts en s'attaquant aux jeunes pousses des greffes et des boutures.

Influence de la sécheresse sur le développement de la végétation. — Ainsi que nous l'avons montré plus haut, la température de l'air et du sol a présenté une progression rapide dès le début de l'année. La température favorable dans l'air et dans le sol au départ de la végétation a donc été réalisée plus tôt que d'ordinaire.

Mais la végétation est restée stationnaire pendant assez long-

temps. La température avait mis le moteur en action, mais rien n'était prévu pour l'alimentation, et, l'eau faisant défaut, la végétation hésitante a perdu peu à peu l'avance constatée au départ. Quelques viticulteurs ont même observé que, contrairement à ce que l'on constate en général, certaines vignes situées en terrains froids et humides avaient eu cette année une avance sur les vignobles constitués en terrains secs et perméables. Néanmoins, au moment de la floraison, l'avance de la végétation en 1893 était de plus de 15 jours sur l'année 1892. Mais, au moment de la maturité, l'écart n'excède pas une huitaine de jours. C'est ce qui ressort de la comparaison des chiffres suivants :

PHASES DE VÉGÉTATION DE LA VIGNE [1]

		Bourgeonnement	Feuillaison	Floraison	Maturité
1892	Aramon	5 avril	20 avril	8 juin	25 août
—	Jacquez	8 avril	25 avril	15 juin	30 août
1893	Aramon	17 mars	5 avril	19 mai	20 août
—	Jacquez	25 mars	10 avril	22 mai	25 août

Ainsi, malgré l'avance considérable constatée au départ de la végétation, les vendanges se sont faites à peu près à la même époque en 1892 et en 1893 dans la plaine de l'Hérault. La sécheresse a équilibré la température.

La persistance de la sécheresse depuis le début du printemps a déterminé vers la fin de l'été un arrêt presque complet de la végétation. Les pluies survenues en juillet et surtout en août ont déterminé par leur association à une température élevée une reprise assez active de la végétation.

L'année 1893 a été pour ainsi dire subdivisée en deux années distinctes au point de vue de la marche de la végétation. La première année a eu son printemps de basse température et d'humidité en mars, son printemps en avril, un été en mai et

[1] Chabaneix ; *Notes météorologiques et agricoles* in *Bulletin météorologique de l'Hérault*, 1892 et 1893.

juin, et son hiver de sécheresse en juin et juillet. La seconde année a eu son printemps avec les pluies de juillet et août, son été avec les températures assez élevées de septembre et les belles journées d'octobre et son hiver réel en décembre. Aussi les doubles floraisons et les doubles fructifications ont-elles été abondantes en 1893.

On pouvait voir aux environs de Montpellier, dans les régions éprouvées par la sécheresse, des haies d'aubépine en pleine floraison au mois d'octobre. On a récolté à la fin du même mois quelques cerises de seconde formation, et des poiriers dont les fleurs s'étaient épanouies en septembre ont noué leurs fruits et les ont nourris jusqu'aux premiers froids de l'hiver.

La sécheresse de 1893 marquera dans les annales de l'agriculture méridionale, et, bien que grâce à la résistance de la vigne, notre département ait été moins éprouvé que beaucoup d'autres régions, l'année 1893 semble avoir donné la mesure des conditions extrêmes de sécheresse auxquelles ce végétal puisse être exposé.

MESURE DIURNE DE LA ROSÉE EN 1893

Par F. HOUDAILLE

L'observation diurne de la rosée a été obtenue à l'aide de l'appareil décrit dans le *Bulletin météorologique* de 1892[1]. La rosée déposée pendant la nuit à la face supérieure d'une lame de verre de 25 centim. carrés est prélevée automatiquement au lever du soleil, puis pesée au laboratoire. Les observations faites avec beaucoup de soin et une parfaite continuité par M. A. Roussel sont résumées dans le tableau suivant:

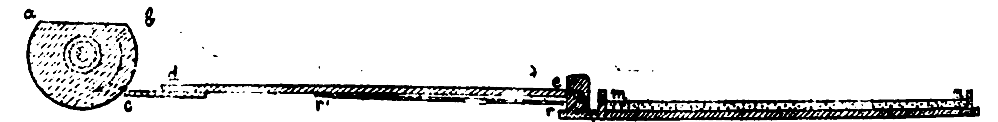


Fig. 1. — Boite avec lame de verre pour la mesure de la rosée.

OBSERVATION DE LA ROSÉE

MOIS DE DÉCEMBRE 1892

Dates	Poids de rosée sur 25 cq.	Poids de rosée par mètre carré
2.........	0gr,430	172gr,0
3.........	0 230	92 0
8.........	0 250	100 0
9.........	0 260	104 0
15.........	0 050	20 0
16	0 050	20 0
17.........	0 120	48 0
18.........	0 070	28 0
19.	0 200	80 0
21.........	0 050	20 0
22.........	0 120	48 0
24.........	0 300	120 0
28.........	0 050	20 0
29.........	0 030	12 0
31.........	0 300	120 0
Total......	2gr,540	1026gr,0

MOIS DE JANVIER 1893

Dates	Poids de rosée sur 25 cq.	Poids de rosée par mètre carré
6.........	0gr,020	8gr,0
26.........	0 050	20 0
27.........	0 250	100 0
30.........	0 220	88 0
31.........	0 330	132 0
Total......	1gr,120	448gr,0

MOIS DE FÉVRIER

Dates	Poids de rosée sur 25 cq.	Poids de rosée par mètre carré
3.........	0gr,090	36gr,0
4	0 050	20 0
7.........	0 820	328 0
14.........	0 080	32 0
18.........	0 120	48 0
19.........	0 300	120 0
26.........	0 060	24 0
27.........	0 120	48 0
Total......	1gr,680	672gr,0

[1] F. Houdaille; *Description d'un appareil pour la mesure de la rosée*, in *Bulletin météorologique de l'Hérault*, 1892, pag. 47.

Dates	Poids de rosée sur 25 cq.	Poids de rosée par mètre carré
MOIS DE MARS		
4.........	0gr,080	32gr,0
6.........	0 105	42 0
8.........	0 100	40 0
9.........	0 060	24 0
11.........	0 080	32 0
17.........	0 320	128 0
21.........	0 050	20 0
22.........	0 380	152 0
23.........	0 220	88 0
24.........	0 250	100 0
25.........	0 180	72 0
27.........	0 200	104 0
Total......	2gr,085	834gr,0
MOIS D'AVRIL		
1.........	0gr,050	20gr,0
2.........	0 080	32 0
3.........	0 110	44 0
5.........	0 100	40 0
7.........	0 180	72 0
8.........	0 060	24 0
10	0 080	32 0
11.........	0 280	112 0
12.........	0 050	20 0
20.........	0 120	48 0
21.........	0 130	52 0
23.........	0 280	112 0
25.........	0 220	88 0
Total......	1gr,740	696gr,0

Dates	Poids de rosée sur 25 cq.	Poids de rosée par mètre carré
MOIS DE MAI		
3.........	0gr,080	32gr,0
14.........	0 210	84 0
16.........	0 420	328 0
Total......	0gr,710	284gr,0
MOIS DE JUIN		
3.........	0gr,120	48gr,0
9.........	0 100	40 0
13.........	0 050	20 0
17.........	0 090	36 0
18.........	0 150	60 0
19.........	0 330	132 0
20.........	0 050	20 0
27.........	0 080	32 0
28.........	0 250	100 0
29.........	0 300	120 0
30.........	0 100	40 0
Total......	1gr,620	648gr,0
MOIS DE JUILLET		
1.........	0gr,050	20gr,0
8.........	0 050	20 0
11.........	0 100	40 0
22.........	0 150	60 0
Total......	0gr,350	140gr,0

MOIS D'AOUT

Dates	Poids de rosée sur 25 cq.	Poids de rosée par mètre carré
8.........	0gr,220	88gr,0
9.........	0 150	60 0
11.........	0 060	24 0
14.........	0 105	42 0
15.........	0 350	140 0
16.........	0 090	36 0
18.........	0 105	42 0
19.........	0 250	100 0
20.........	0 095	38 0
21.........	0 195	78 0
22.........	0 230	92 0
23.........	0 150	60 0
24.........	0 420	168 0
Total......	2gr,420	968gr,0

MOIS DE SEPTEMBRE

Dates	Poids de rosée sur 25 cq.	Poids de rosée par mètre carré
5.........	1gr,070	428gr,0
7.........	0 220	88 0
28.........	0 150	60 0
29.........	0 250	100 0
Total......	1gr,690	676gr,0

MOIS D'OCTOBRE

Dates	Poids de rosée sur 25 cq.	Poids de rosée par mètre carré
5.........	0gr,150	60gr,0
11.........	0 490	196 0
12.........	0 120	48 0
13.........	0 150	60 0
15.........	0 080	32 0
16.........	0 410	164 0
17.........	0 380	152 0
18.........	0 190	76 0
20.........	0 090	36 0
23.........	0 280	112 0
24.........	0 080	32 0
25.........	0 400	160 0
28.........	0 105	42 0
29.........	0 420	168 0
30.........	0 350	140 0
31.........	0 310	124 0
Total......	4gr,005	1602gr,0

MOIS DE NOVEMBRE

Dates	Poids de rosée sur 25 cq.	Poids de rosée par mètre carré
2.........	0gr,190	76gr,0
4.........	0 220	88 0
5.........	0 105	42 0
7.........	0 110	44 0
26.........	0 150	60 0
Total......	0gr,775	310gr,0

Nous avons extrait des tableaux ci-dessus le poids, l'épaisseur, et le nombre de jours de rosée observés pour chacun des mois de l'année. Ces données sont résumées dans le tableau suivant :

RÉPARTITION MENSUELLE DE LA ROSÉE.

	Déc. 1892	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai
Poids par mètre carré.	1026 gr	448	672	834	696	284
Épaisseur en m/m.....	1,026 m/m	0,448	0,072	0,834	0,696	0,284
Nombre de jours.....	15j	5	8	12	13	3
	Juin	**Juillet**	**Août**	**Sept.**	**Octob.**	**Nov.**
Poids par mètre carré.	648 gr	140	968	676	1602	310
Épaisseur en m/m.....	0,648 m/m	0,140	0,968	0,676	1,602	0,310
Nombre de jours.....	11j	4	13	4	16	5

Le poids total de rosée recueilli pendant l'année 1893 s'est élevé à 8.304 gram. par mètre carré, représentant une épaisseur de 8^{mm},304. Cette épaisseur correspond au 0,0113 de la pluie annuelle, qui s'est élevée à 735 millim. Le nombre de jours de rosée a été de 109, soit les 0,298 des jours de l'année.

Les mois où ,les rosées ont été les plus abondantes sont, décembre et octobre. Décembre est le mois où l'état hygrométrique a atteint sa valeur mensuelle la plus élevée, 0,758, bien que les pluies aient été très faibles et n'aient apporté au sol que 4 millim. d'eau. Le mois d'octobre est également caractérisé par un état hygrométrique assez élevé, 0,695. La pluie, 56 millim., y a été voisine de sa valeur normale 66 millim. Les mois de décembre et octobre, qui ont apporté le plus de rosée, sont aussi ceux où le nombre de jours de rosée a été le plus élevé.

Les mois où les rosées ont été les plus faibles sont juillet et mai. Ce sont aussi les mois qui présentent les moyennes d'état hygrométrique les moins élevées, 0,468 en mai et 0,494 en juillet.

La pluie en mai, 47 millim., a été voisine de sa valeur normale 62 millim., et a dépassé notablement en juillet 107 millim., sa valeur normale 21 millim. Les mois de mai et de juillet sont

aussi ceux où le nombre de jours de rosée a été le moins élevé.

L'abondance des rosées paraît donc essentiellement liée au relèvement de l'état hygrométrique mesuré à 9 heures du matin; elle n'a pas de relation directe avec la fréquence et l'abondance des pluies mensuelles. Le nombre de jours et l'abondance de la rosée marchent souvent de pair.

Les journées où les rosées ont été les plus abondantes sont celles du 5 septembre, $0^{mm},428$, et du 7 février, $0^{mm},328$. Le 5 septembre, l'état hygrométrique se relevait très brusquement depuis 4 heures de la veille au soir de 0,40 jusqu'au point de saturation, qui était atteint avant minuit. Pendant la période de condensation, l'air était très calme; la vitesse du vent est restée voisine de 1^{m} par seconde. Le 7 février est caractérisé par des conditions météorologiques analogues. La veille au soir, l'état hygrométrique remontait brusquement depuis 2 heures du soir de 0,55 jusqu'au point de saturation, qui était atteint avant minuit. La vitesse du vent, mesurée par l'anémomètre à 15^{m} du sol, est restée voisine de 2^{m} par seconde ; elle était évidemment beaucoup plus faible au niveau du sol.

La valeur moyenne de l'épaisseur diurne de rosée a été, en 1893, de $\frac{8,304}{109} = 0^{mm},079$, soit moins de $\frac{1}{10}$ de millim. C'est là une valeur assez faible qui au premier abord paraît devoir n'exercer qu'une influence assez réduite sur l'évaporation du sol et des plantes. Nous avons montré dans un travail précédent que cette action retardatrice de l'évaporation n'était pas cependant négligeable à cause de l'époque diurne de sa production, qui coïncide précisément avec le maximum diurne de la vitesse d'évaporation des végétaux en l'absence de rosée.

Bien que l'année 1893 ait été spécialement caractérisée par la sécheresse de son atmosphère, la condensation de rosée a dépassé la valeur que nous avions, d'après une période d'obser-

vation de 7 mois, assignée à l'année 1892 beaucoup plus humide. L'abondance relative des rosées en 1893 a donc tempéré utilement les exigences de la sécheresse. Leur rareté pendant la période de mai à juillet semble d'autre part avoir épargné à la viticulture les invasions estivales du mildew, qui ne s'est guère développé que pendant la période automnale.

NOTES
MÉTÉOROLOGIQUES ET AGRICOLES

RECUEILLIES

Par J.-B. CHABANEIX

(Décembre 1892 à Décembre 1893.)

DÉCEMBRE 1892.

Température de l'air	minimum extrême	—	5°,8	le 28
	maximum extrême	+	18°,3	le 16
	moyen . des minima et maxima		5°,65	

		à 0,m25 de profondeur.	à la surface (minima)
Température du sol	1re Décade	+ 7,38	— 2,17
	2me —	5,53	— 2,10
	3me —	7,48	— 3,41
	Moyennes du mois	+ 6,79	— 2,56

Pluie. — 5 jours pluvieux (5, 6, 12, 23 et 26) ont donné .... 4mm,00 d'eau

Évaporation du mois (approximative, 5 jours non observés) 60mm,00

État hygrométrique moyen de l'air 70

Vents	N	20 jours.
	O	5 —
	S	1 —
	E	5 —

État du ciel. — Beau 15 jours, nuageux 11, couvert 5.

Gelées à — 1°	sous l'abri	10 jours
	au niveau du sol	21 —

Orages. — Néant.

La température moyenne de décembre est de 5°,65, inférieure

de 1° environ à la moyenne normale. Le thermomètre placé à la surface du sol est descendu 21 fois à 1° et au-dessous. Pas de neige. Cinq jours notés comme pluvieux ont donné la quantité insignifiante de 4 millim. d'eau pluviométrique.

Les travaux de défoncement des terrains à planter, de fumure et de taille de la vigne, favorisés par le beau temps, ont été poussés activement et exécutés dans de bonnes conditions. Les quelques céréales semées en novembre sont sorties de terre, mais ont pris peu de développement à cause des gelées et dégels presque quotidiens.

Cueillette des olives à partir du 15. Les fruits sont bien mûrs et de bonne grosseur, sauf sur les arbres atteints par la fumagine. Récolte moyenne.

JANVIER 1893.

Température de l'air	minimum extrême............	—	9°,4	le 18
	maximum extrême...........	+	15°,0	le 24
	moyen. des minima et maxima..	+	2°,88	

		à 0m,25 de profondeur.	à la surface (minima)
Température du sol	1re Décade..........	+ 3,53	— 5,93
	2me —	+ 3,45	— 8,17
	3me —	+ 4,35	— 1,68
	Moyennes du mois..	+ 3,77	— 5,26

Pluie. — 5 jours pluvieux (8, 9, 10, 15 et 29) ont donné.................................... 24mm,8 d'eau

Évaporation du mois (observations insuffisantes à cause du froid)...........................

État hygrométrique moyen de l'air................ 69,4

Vents	N........	22 jours.
	O.........	2 —
	S.........	4 —
	E.........	3 —

Etat du ciel. — Beau 14 jours, nuageux 10, couvert 7.

Gelées à — 1°	sous l'abri...........................	20 jours
	à la surface du sol....................	25 —

Orages. — Néant.

Depuis longtemps, on n'avait eu un mois de janvier aussi froid que celui-ci. Le thermomètre placé à la surface du sol est descendu au-dessous de zéro presque tous les jours ; 11 fois il est tombé au-dessous de — 9° ; le 2 il atteignait — 13°,1 ; le 13 et le 19 il marquait respectivement — 12°,3 et — 12°,1.

La moyenne est 2°,88 au lieu de 6° donnée comme moyenne normale par M. Roche.

Beaucoup de végétaux ont souffert visiblement de cette température rigoureuse. Nous citerons entre autres :

1° Les avoines, dont les feuilles, et quelquefois le pied, sont gelés ; les blés et les orges n'ont pas de mal ;

2° Les fèves sont tuées ;

3° Les vesces du champ d'études sont fortement endommagées ;

4° Les eucalyptus, le caroubier, l'anagyris, la luzerne en arbre, le dattier des Canaries, etc., ont perdu la plus grande partie de leurs feuilles et l'extrémité des jeunes rameaux.

Il est probable que la vigne aura souffert sur certains points, mais on ne pourra être fixé à cet égard qu'à la reprise de la végétation.

Février 1893.

Température de l'air	minimum extrême	—	3°,2	le 7
	maximum extrême	+	19°,0	le 18
	moyen. des minima et maxima	+	8°,89	

		à 0m,25 de profondeur.	à la surface (minima)
Température du sol	1re Décade	+ 6,88	— 0,88
	2me —	8,56	+ 2,66
	3me —	8,82	+ 2,56
	Moyennes du mois...	8,08	+ 1,45

Pluie. — 8 jours pluvieux (6, 9, 15, 17, 20, 21, 22 et 28) ont donné .... 25mm,5 d'eau

Évaporation du mois 104mm,7

État hygrométrique moyen de l'air 66,6

Vents	N.........	21 jours.
	O.........	3 —
	S.........	3 —
	E.........	1 —

État du ciel. — Beau 12 jours, nuageux 8, couvert 8.

Gelées à — 1°	sous l'abri..........................	2 jours
	à la surface du sol....................	10 —

Orages. — Néant.

Contrairement à ses habitudes, février ne nous a point donné de neige. Le pluviomètre a reçu 25^{mm},5 d'eau, ce qui est à peine le cinquième de la quantité normale.

La persistance des vents secs de la région N. et la rareté des pluies que nous constatons depuis le commencement de la présente année météorologique ont desséché la surface du sol à un degré tout à fait extraordinaire pour la saison et qui n'est pas sans inspirer quelques inquiétudes sur l'avenir des plantes annuelles ou autres à racines superficielles.

La température s'étant fortement adoucie dès le commencement du mois, le réveil de l'activité vitale chez les plantes s'est manifesté par quelques phénomènes dont l'apparition a eu lieu aux dates suivantes :

1er Floraison du noisetier commun ;

10. Début de la floraison du frêne élevé ;

19. Floraison de l'orme champêtre; les blés commencent à reverdir ;

20. Les boutons à fleur des amandiers grossissent rapidement;

25. Bourgeonnement du cerisier, du prunier et de l'amandier. Début de la feuillaison du sureau noir ;

28. L'amandier entre en fleurs.

Mars 1893.

Température de l'air	minimum extrême.............	— 0°,2	le 23
	maximum extrême.............	+ 25°,2	le 10
	moyen. des minima et maxima..	+ 12°,3	

		à $0^m,25$ de profondeur.	à la surface (minima)
Température du sol	1re Décade........	+ 10,71	+ 2,78
	2me —	12,12	3,76
	3me —	12,10	1,57
	Moyennes du mois...	11,64	2,70

Pluie. — 4 jours pluvieux (14, 29, 30 et 31) ont donné.................................... $3^{mm},5$ d'eau

Évaporation du mois.......................... $154^{mm},0$

État hygrométrique moyen de l'air................ 55,0

Vents	N........	16 jours.
	O........	1 —
	S........	2 —
	E........	12 —

État du ciel. — Beau 14 jours, nuageux 10, couvert 7.

Gelées à — 1°	sous l'abri............................	Néant.
	à la surface du sol....................	5 jours

Orages. — Néant.

Mars a été chaud et sec. Sa température moyenne (12°,3) dépasse de deux degrés la moyenne ordinaire.

Il est tombé à peine $3^m/^m,5$ d'eau répartis en 4 jours, tandis que l'évaporation enlevait une couche liquide de $154^m/^m$ d'épaisseur. On comprend que, dans ces conditions, la sécheresse du sol qui commençait à se manifester à la fin de février, n'ait fait qu'empirer.

Elle est, en effet, si intense que ni la germination des graines, ni la reprise de la végétation des plantes à racines superficielles, n'ont pu se faire, malgré l'élévation de la température ; la campagne est sèche et brûlée comme à la fin d'un hiver rigoureux. Les travaux culturaux : labours, fumures, taille de la vigne, semis de printemps, etc., se font facilement, sauf dans les fonds argileux durcis outre mesure par la sécheresse.

Nous trouvons dans notre carnet d'éphémérides, pour mars :

3. Reprise active de la végétation de la luzerne, du sainfoin et du trèfle ;

6. Semis de la féverole et du lin de Riga; plantation de la pomme de terre et du topinambour;

7. Floraison du prunier et de l'abricotier;

14. Floraison du pêcher; le sureau noir est complètement feuillé;

Bourgeonnement du cognassier;

16. Floraison du poirier; l'aramon et le jacquez débourrent;

23. Gelée à — 3°,5 au niveau du sol. Les bourgeons du riparia, de l'aramon et autres cépages précoces, déjà sortis, sont gelés dans les bas-fonds. Le mal n'est pas considérable parce que peu de vignes avaient débourré; les bourgeons situés à 0,30 ou 0,40 au-dessus de terre n'ont pas été atteints;

24. Floraison du cerisier du parc météorologique;

31. On aperçoit quelques hirondelles de fenêtre;

Bourgeonnement du mûrier.

Avril 1893.

Température de l'air	minimum extrême............	+ 3°,9	le 15
	maximum extrême............	30°,0	le 23
	moyen. des minima et maxima...	15°,91	

		à 0m,25 de profondeur.	à la surface (minima)
Température du sol	1re Décade..............	14,07	2,44
	2me —	16,02	3,46
	3me —	17,46	9,12
	Moyennes du mois....	15,18	5,00

Pluie. — 2 jours pluvieux (28 et 29) ont donné.... 13mm,5 d'eau

Évaporation du mois.......................... 144mm,2

État hygrométrique moyen de l'air................ 50,0

L'hygromètre marquait : 17 le 14, 25 le 15 et 28 le 16; il descend rarement aussi bas.

Vents	N........	12 jours.
	O........	1 —
	S........	9 —
	E........	8 —

État du ciel. — Beau 22 jours, nuageux 6, couvert 2.

Gelées à — 1° { sous l'abri........................... Néant.
à la surface du sol..................... Néant. }

Orages. — Le 29, au sud et au nord du département, tonnerres, pluies et grêle sur certains points de l'est et dans le Gard.

Comme mars, avril a été plus sec et plus chaud qu'à l'ordinaire ; on n'a pas constaté une seule gelée blanche. La terre devient de plus en plus sèche, et la campagne n'arrive que très lentement, et très incomplètement d'ailleurs, à prendre sa robe verte et fleurie du printemps. Les prairies naturelles sont brûlées comme en février ; les luzerne et sainfoin se développent mal ; les blés et autres céréales sont maigres et ont à peine tallé. Par contre, les arbres fruitiers, forestiers ou d'ornement, et surtout la vigne, bourgeonnent, feuillent ou fleurissent, suivant les espèces, avec un ensemble admirable, et tous en avance, sanf l'amandier, de huit à quinze jours sur une année ordinaire.

Les phénomènes, végétatifs et autres observés, ont eu lieu aux dates ci-après :

1er. Semis au parc météorologique du maïs, sorgho sucré et haricot.

5. Feuillaison de l'aramon ; arrivée définitive des hirondelles de fenêtre.

7. Feuillaison du figuier et du mûrier.

8. Floraison du pommier, du chêne blanc.

Feuillaison du noyer.

9. Epiage du seigle.

10. Feuillaison du jacquez.

12. Premiers chants du rossignol.

10-15. Maturité et chute des fruits de l'orme ; la fructification a été très abondante.

18. Floraison du seigle ; floraison de l'aubépine et de l'arbre de Judée.

19. Floraison du sainfoin, du marronnier d'Inde et du robinier (faux acacia).

20. Arrivée des martinets.

24. Epiage de la touselle de Provence.

25. Floraison du sureau et de la touselle de Provence.

Levéė du topinambour.

25-26-27. Les cailles arrivent et se font massacrer en masse sur la plage par les braconniers.

28. Epiage de l'orge d'hiver et du blé bleu.

Mai 1893.

Température de l'air	minimum extrême.............	+ 5°,0 le 8
	maximum extrême.............	31°,3 le 5
	moyen. des minima et maxima...	18°,83

		à 0m.25 de profondeur.	à la surface (minima)
Température du sol	1re Décade.............	17,98	7,56
	2me —	17,97	10,27
	3me —	18,68	10,70
	Moyennes du mois....	18,21	9,51

Pluie. — 8 jours pluvieux (9, 10, 15, 19, 20, 22, 23 et 24) ont donné........................ 47mm,0 d'eau

Évaporation du mois........................ 188mm,5

État hygrométrique moyen de l'air............... 47,0

Vents	N..........	19 jours.
	O..........	1 —
	S..........	6 —
	E..........	5 —

État du ciel. — Beau 15 jours, nuageux 11, couvert 5.

Gelées à — 1°	sous l'abri............................	Néant.
	à la surface du sol....................	Néant.

Orages. — 18. Dans la nuit du 18 au 19, tonnerres, éclairs et pluie.
22. Tonnerres, éclairs et forte pluie de 5 à 7 h. du soir.

Les huit jours de pluie, entre le 9 et le 24, ont donné 47mm d'eau. C'est un arrosage très léger et absolument insuffisant, étant donné l'état de sécheresse dans lequel se trouvait le sol jusqu'à 0m,30, et plus, de profondeur.

Nonobstant, cette légère humectation a donné une impulsion

utile à la végétation des plantes annuelles et rendu possible la germination des maïs, sorgho, betteraves et quantité d'autres graines confiées à la terre depuis un mois et plus.

Au 31 mai, nous constatons que la sécheresse devient de plus en plus intense, et compromet irrémédiablement les semis de printemps, les fourrages artificiels, les prairies naturelles et même les luzernières. La paille des céréales est grêle et courte. — Il n'y a pas une mauvaise herbe annuelle dans les champs ou les vignes. La vigne est belle, vigoureuse et chargée de mannes. Les amandiers sont chargés de fruits; la feuille du mûrier a été abondante et de bonne qualité. Seuls parmi les grands végétaux, les ormes font triste mine; leurs feuilles, dont le parenchyme a été dévoré par la galléruque, sont desséchées et presque entièrement tombées. Les arbres bourgeonnent, comme au printemps, pour une nouvelle feuillaison.

Éphémérides végétales.

3. Épiage et floraison de l'orge éventail.

7. Floraison du blé à épi carré.

8. Floraison du grenadier.

14. La chlorose, généralement rare jusqu'à présent, sévit assez fortement le long de la route de Pérols à Montpellier, vers Soriech, Flaugergues, etc.

19. Floraison de l'aramon du parc.

20. Épiage et floraison des avoines de Brie et de Provence.

21. Floraison du jacquez du parc.

20-25. Floraison générale de la vigne dans le pays.

27. Maturité de l'orge escourgeon.

Floraison de la pomme de terre Richeter's Impérator.

28. Maturité des cerises du parc.

Remarqué beaucoup de chlorose entre Celleneuve et la gare des prés d'Arène.

29. Floraison de l'olivier.

Les avoines du parc, chétives et malingres, sont, en outre, fortement charbonnées.

Le mildiou n'a pas encore été signalé dans les environs de Montpellier. Toutes les vignes ont reçu 2 et même 3 sulfatages.

JUIN 1893.

Température de l'air	minimum extrême	10°,8	le 2
	maximum extrême	35°,7	le 30
	moyen. des minima et maxima	22°,06	

		à 0m,25 de profondeur.	à la surface (minima)
Température du sol	1re Décade	21,21	10,87
	2me —	22,12	11,24
	3me —	21,83	14,58
	Moyennes du mois	21,72	12,23

Pluie.— 10 jours pluvieux (1, 10, 14, 15, 16, 21, 23, 24, 28 et 29) ont donné .... 37mm,0 d'eau

Évaporation du mois 221mm,3

État hygrométrique moyen de l'air 51mm,8

Vents	N.....	13 jours.
	O.....	3 —
	S.....	6 —
	E.....	8 —

État du ciel. — Beau 20 jours, nuageux 5, couvert 5.

Orages. — 22. De 9 à 11 h. du soir, tonnerres, éclairs et pluie.

23. De 3 h. et demie à 5 h. du soir, tonnerres, éclairs, vent violent de l'ouest ; pluie à Montpellier ; grêle à Florensac, Castries, etc.

Un brouillard épais a couvert la campagne jusqu'à 10 h. du matin.

Juin continue la série des mois secs et chauds de l'année météorologique 1892-93. La vigne, dont la floraison s'est faite dans d'excellentes conditions, continue à promettre une précoce et abondante vinée. Les plantes sarclées, les fourrages de printemps et autres cultures annuelles souffrent de plus en plus de la sécheresse, et ne donneront, quoi qu'il arrive, qu'un produit médiocre ou nul. La moisson est finie avant la fin du mois Les

seigles et les blés sont courts, peu fournis, tout en donnant un grain de bonne qualité mais en quantité au-dessous de la moyenne. Les orges rendent médiocrement tant en paille qu'en grain. Quant aux avoines, leur produit est à peu près nul, la sécheresse ayant empêché le développement des tiges et la formation des panicules.

Nous avons noté dans le courant du mois :

3. Maturité du seigle.

10. Maturité du blé touselle de Provence.

12. Maturité du blé de Noé.

15. Maturité du blé à épi carré et des avoines.

Premiers chants de la cigale.

20. La féverole de printemps, d'ailleurs ravagée par le puceron, achève de mûrir les rares gousses qu'elle a produites.

26. Maturité des prunes du parc.

28. Maturité des fruits du Mahonia Japonica.

30. On remarque quelques raisins grillés par le soleil.

Les ormes se couvrent de nouvelles feuilles.

JUILLET 1893.

Température de l'air.	minimum extrême...........	13°,0	le 20
	maximum extrême...........	39°,9	le 1er
	moyen. des minima et maxima.	24°,07	

		à 0m,25 de profondeur.	à la surface (minima)
Température du sol.	1re Décade............	24,25	16,83
	2me —	23,82	14,53
	3me —	22,21	15,81
	Moyennes du mois..	23,43	15,72

Pluie.— 4 jours pluvieux (1er, 9, 19 et 20) ont donné 107mm,5 d'eau

Évaporation du mois......................... 253mm,6

État hygrométrique moyen de l'air............... 49mm,4

Vents	N........	21 jours.
	O........	2 —
	S........	2 —
	E........	6 —

État du ciel.— Beau 12 jours, nuageux 15, couvert 4.

Orages. — Le 1er, de 2 h. 30 à 5 heures, fort orage venant du N.-E. Nombreux et violents coups de tonnerre. La pluie commence à tomber à 2 h. 45 et devient torrentielle de 3 h. à 3 h. 30. Pendant 3 ou 4 minutes, des grêlons, gros comme une petite noisette, tombent avec la pluie sans endommager sensiblement les récoltes. Du côté de Castries, la grêle a été plus abondante; les raisins ont un peu souffert.

Le 20, nouvel orage avec tonnerres, éclairs et forte pluie, de 8 h. 30 à 11 h. du soir.

Les fortes pluies d'orage du 1er et du 20 ont humecté la terre assez profondément et rafraîchi l'air. La végétation des plantes annuelles a repris son essor à la suite de ces arrosages.

Les luzernes et les prés, qui étaient absolument grillés, ont reverdi et font espérer, sinon une bonne coupe, au moins un bon regain.

On aurait pu craindre une invasion du mildiou après la pluie; elle ne s'est pas produite soit que les germes aient manqué, soit plutôt parce que les sulfatages ont été faits régulièrement (on a donné le quatrième du 10 au 12). La vigne est toujours verte; les raisins grossissent, et vers la fin du mois la véraison est avancée chez plusieurs cépages précoces, tels que madeleine, petit bouschet, etc. Il m'a semblé cependant que le développement des grappes avait éprouvé un ralentissement marqué après l'orage du 20.

Les éphémérides végétales du mois sont peu nombreuses.

Le 4, floraison des maïs blanc des Landes et jaune gros.

Le 15, floraison du maïs cinquantain.

Le 22, la véraison commence sur les petits bouschet, gamay, pinot joanenc et cabernet.

Du 27 au 31, les othello, chasselas, madeleine et petit bouschet commencent à mûrir aux bonnes expositions.

Le rossignol ne chante plus dès la première semaine de juillet.

AOUT 1893.

Température de l'air	minimum extrême...........	12°,0 le 2
	maximum extrême...........	38°,70 le 11
	moyen. des minima et maxima.	24°,59

		à $0^m,25$ de profondeur.	à la surface (minima)
Température du sol	1re Décade............	23,76	12,83
	2me —	25,86	16,97
	3me —	23,03	14,13
	Moyennes du mois...	24,22	14,64

Pluie. — 3 jours pluvieux (29, 30 et 31) ont donné. $187^{mm},0$ d'eau
Évaporation du mois......................... $205^{mm},5$
État hygrométrique moyen de l'air............... $55^{mm},76$

Vents	N........	11 jours.
	O........	0 —
	S........	5 —
	E........	15 —

État du ciel. — Beau 16 jours, nuageux 14, couvert 1.
Orages. —

Août a été chaud et sec jusqu'au 28. Les trois derniers jours, les seuls pluvieux du mois, ont fourni 187 m/m d'eau au pluviomètre. Ces pluies abondantes ont contrarié les vendanges sur plusieurs points et ne contribueront pas à améliorer la qualité du vin.

La maturité du raisin de cuve a commencé dans les environs de Montpellier, vers le 20 ; elle était générale le 28.

Les vendanges ont débuté vers le 25.

On ne voit plus de martinets après le 15.

SEPTEMBRE 1893.

Température de l'air	minimum extrême...........	6°,2 le 28
	maximum extrême...........	31°,8 les 7-8
	moyen. des minima et maxima.	20°,64

		à 0m,25 de profondeur.	à la surface (minima)
Température du sol	1re Décade............	21,92	14,74
	2me —	20,32	14,30
	3me —	19,04	10,27
	Moyennes du mois...	20,43	13,10

Pluie. — 6 jours pluvieux (11, 12, 13, 20, 22 et 25) ont donné.................................. 157mm,0 d'eau

Évaporation du mois.......................... 121mm,0

État hygrométrique moyen de l'air............... 64mm,50

Vents	N........	15 jours.
	O........	3 —
	S........	5 —
	E........	7 —

État du ciel. — Beau 11 jours, nuageux 13, couvert 6.

Orages. —

Gelées. — Néant.

Avec six jours pluvieux, du 10 au 25, septembre a fourni au pluviomètre 157 m/m d'eau, c'est-à-dire 36 m/m de plus que l'épaisseur de la couche évaporée. La terre, suffisamment arrosée, a pu être labourée et ensemencée de navets, trèfle incarnat, vesces et autres plantes destinées à donner du fourrage ou à être enfouies comme engrais vert. Les betteraves, sur lesquelles on ne comptait plus à la fin de juin, se sont fortifiées rapidement et donneront, dans les champs où les plants ne sont pas trop clairs, une récolte satisfaisante.

Les vendanges ont été terminées vers le 20. Sans être aussi abondante qu'on l'espérait, la récolte dépasse sensiblement la moyenne. On espère que la qualité sera bonne, sauf peut-être dans les contrées où la pluie est arrivée avant la cueillette du raisin.

15 au 20. Fin des vendanges ;

1er au 10. Maturité des maïs blanc des Landes, jaune gros et cinquantain ;

30. Maturité du maïs Caragua (il mûrit rarement à l'Ecole).

Floraison du topinambour.

Octobre 1893.

Température de l'air	minimum extrême...........	4°,5	le 29
	maximum extrême...........	28°,3	le 15
	moyen. des minima et maxima..	16°,62	

		à 0m,25 de profondeur.	à la surface (minima)
Température du sol	1re Décade...........	18,58	13,58
	2me —	17,71	8,55
	3me —	15,51	5,92
	Moyennes du mois..	17,27	9,35

Pluie. — 5 jours pluvieux (1, 3, 9, 26 et 27) ont donné.................................... 56mm,5 d'eau

Évaporation du mois........................ 94mm,0

État hygrométrique moyen de l'air............. 69,43

Vents	N........	14 jours.
	O........	5 —
	S...... .	8 —
	E........	4 —

État du ciel. — Beau 15 jours, nuageux 9, couvert 7.

Orages. — Le 26, de 9 h. du matin à 1 h. du soir, tonnerres, éclairs et forte pluie.

Gelées. — Néant.

. La température moyenne d'octobre est sensiblement supérieure à la normale ; sa pluviosité est ordinaire. Quelques brouillards épais, phénomènes météorologiques assez rares dans le pays, se sont fait remarquer en octobre, notamment le 25 au soir.

Les champs et les vignes, qui étaient restés propres pendant le printemps et la plus grande partie de l'été, sont recouverts d'un véritable tapis de verdure depuis la fin de septembre. Les navets et les fourrages semés en septembre ont pris un développement qui n'est pas ordinaire dans nos contrées. On a pu faucher une dernière fois les prairies arrosées et les luzernes ; leur produit n'est pas abondant, mais n'est pas négligeable étant donnés la rareté et le prix des fourrages.

Du 1er au 12, on remarque une seconde floraison sur nombre de poiriers, cerisiers, marronniers d'Inde, paliure, aubépine, prunelier, etc.; on trouve même des cerises ayant presque la grosseur ordinaire.

Départ général des hirondelles du 10 au 12.

A cette même époque, le tilleul, le marronnier, le hêtre à feuilles pourpres, le bouleau, l'amandier, etc., perdent leurs feuilles.

Les vignes commencent à jaunir après le 25, et beaucoup d'aramon, de carignane, de cinsaut sont défeuillés au 31. Le jacquez et la plupart des autres cépages américains sont encore verts.

Les blés, avoines, orges, seigles et féveroles du parc météorologique ont été semés le 31.

NOVEMBRE 1893.

Température	minimum extrême.........	— 1°,6	le 29
	maximum extrême..........	+ 21°,6	le 3
	moyen. des minima et maxima	+ 9°,33	

		à 0m,25 de profondeur	à la surface (minima)
Température du sol	1re Décade............	13,65	5,39
	2me —	11,98	5,60
	3me —	8,09	— 2,15
	Moyennes du mois...	11,24	+ 2,95

Pluie. — 10 jours pluvieux (1, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18 et 27) ont donné.................... 72mm,0 d'eau

Évaporation du mois.......................... 71mm,3

État hygrométrique moyen de l'air............... 72,3

Vents	N........	20 jours.
	O........	5 —
	S........	3 —
	E........	2 —

État du ciel. — Beau 8 jours, nuageux 10, couvert 12.

Orages. —

Gelées à — 1°	sous l'abri...............	3 jours (21 22 et 28).
	à la surface du sol.........	7 —

Novembre a été froid et pluvieux. Un brouillard épais a couvert la ville et la campagne du 15, à 7 heures du soir, jusqu'à 1 heure de l'après-midi du 16.

On commence à tailler, à labourer et à fumer la vigne dès le 10. La défeuillaison des vignes françaises est à peu près complète à cette date. Les jacquez de Claparède jaunissent, mais ont encore leurs feuilles, à l'exception du carré témoin (non sulfaté contre le mildiou), qui est défeuillé avant le 5.

Tous les arbres feuillus se dépouillent peu à peu.

Les olives sont presque mûres dès le commencement du mois, en avance de trois semaines sur une année ordinaire. Elles sont rares et petites, même sur les oliviers exempts de fumagine.

Les blés du parc sont sortis de terre le 11 et le 12; la levée du seigle a eu lieu le 10; celle des orges et des avoines du 12 au 14. La féverole ne s'est montrée que le 18.

Résumé météorologique, par Saisons,

DE L'ANNÉE 1892-1893.

SAISONS.		Températures. Moyenne	Températures. Minima extrême	Températures. Maxima extrême	Pluie. Nombre de jours	Pluie. Quantité	Évaporation.	Vents. N.	Vents. O.	Vents. S.	Vents. E.	Orages	Gelées à -1° et au-dessous, sous l'abri.	Gelées à -1° et au-dessous, au niv. du sol.
						m/m	m/m							
Hiver.....	Décembre 1892.	5.65	— 5.8	+18.3	5	4.0	60.0	20	5	1	5	0	10	21
	Janvier 1893. .	2.88	— 9.4	+15.0	5	24.8	65.0	22	2	4	3	0	20	25
	Février.......	8.89	— 3.2	+19.0	8	25.5	104.7	21	3	3	1	0	2	10
Totaux et Moyennes.		5.81	— 9.4	+19.0	18	54.3	229.7	63	10	8	9	0	32	56
Printemps .	Mars.........	12.30	— 0.2	25.2	4	3.5	154 0	16	1	2	12	0	0	5
	Avril.........	15.91	3.9	30.0	2	13.5	144.2	12	1	9	8	1	0	0
	Mai..........	18.83	5.0	31.3	8	47.0	188 5	19	1	6	5	2	0	0
Totaux et Moyennes		15.71	— 0.2	31.3	14	64.0	486.7	47	3	17	25	3	0	5
Été.......	Juin..........	22.06	10.8	35.7	10	30.0	221.3	13	3	6	8	2	0	0
	Juillet........	24.07	13.0	39.9	4	107.5	253.6	21	2	2	6	2	0	0
	Août.........	24.59	12.0	38.7	3	187.0	205.5	11	0	5	15	0	0	0
Totaux et Moyennes.		23.57	10.8	39.9	17	324.5	680.4	45	5	13	29	4	0	0
Automne..	Septembre.....	20.64	6 2	31.8	6	157.0	121.0	15	3	5	7	0	0	0
	Octobre.......	16.62	4.5	28.3	5	56.5	94 0	14	5	8	4	1	0	0
	Novembre.....	9.33	— 1.6	21.6	10	72.0	71.3	20	5	3	2	0	3	7
Totaux et Moyennes.		15.53	— 1.6	31.8	21	285.5	286.3	49	13	16	13	1	3	7
Année entière.......		15.18	— 9.4	39.9	70	727.8	1683.1	204	31	54	76	8	35	68
Année 1891-1892....		15.09	— 7.0	37.0	80	607.4	1699.5	191	30	59	86	18	25	49

PARC DE L'OBSERVATOIRE DE LA COMMISSION MÉTÉOROLOGIQUE

A L'ÉCOLE NATIONALE D'AGRICULTURE DE MONTPELLIER

MARCHE DE LA VÉGÉTATION

ET EFFETS DES AGENTS CLIMATÉRIQUES SUR LES PLANTES

OBSERVÉES ET ANNOTÉES par J.-B. CHABANEIX

1892-1893. — Sixième année d'observation.

1. — ARBRES ET ARBUSTES. — *A.* — A FEUILLES CADUQUES.

PLANTES.	BOURGEONNEMt.	FEUILLAISON	FLORAISON.	MATURITÉ.	DÉFEUILLAISON.	OBSERVATIONS.
Aubépine	12 mars.	27 mars.	18 avril.	25 septembre.	novembre.	
Arbre de Judée	21 mars.	8 avril.	10 avril.	10 septembre.	novembre.	
Amandier	2 mars.	20 mars.	4 mars.	septembre.	25 septembre.	
Bouleau blanc	22 mars.	5 avril.	27 mars.	1er octobre.	fin octobre.	
Cognassier du Portugal	2 mars.	25 mars.	29 mars.	10 septembre.	1er-30 novembre	
Chêne blanc	23 mars.	5 avril.	1er avril.	15 septembre.	novembre.	
Cerisier	17 mars.	27 mars.	25 mars.	28 mai.	1er-20 novembre	
Erable	22 mars.	4 avril.	15 avril.	15 septembre.	novembre.	
Figuier (de Versailles)	22 mars.	8 avril.	1er avril.	1er-15 juillet.	fin octobre.	

Suite du Tableau précédent.

PLANTES.	BOURGEONNEMᵗ.	FEUILLAISON.	FLORAISON.	MATURITÉ.	DÉFEUILLAISON.	OBSERVATIONS.
Grenadier	26 mars.	5 avril.	15 juin.	20 septembre.	octobre.	
Hêtre à feuilles pourpres	31 mars.	4 avril.	»	»	1er-15 octobre.	N'a pas fleuri.
Mûrier blanc	31 mars.	7 avril.	12 avril.	10 juin.	fin octobre.	
Marronnier d'Inde	22 mars.	1er avril.	10 mai.	1er-20 septembre	octobre.	
Noyer	20 mars.	5 avril.	14 avril.	10 septembre.	15-25 octobre.	
Pêcher	22 mars.	28 mars.	14 mars.	25 juillet.	30 octobre.	
Pommier (sur paradis)	20 mars.	5 avril.	3 avril.	1er octobre.	1er-15 novembre	
Poirier	20 mars.	15 mars.	16 mars.	»	novembre.	Fruits tombés peu après la floraison.
Prunier	1er mars.	16 mars.	5 mars.	26 juin.	fin octobre.	
Sureau noir	20 février.	1er-10 mars.	25 avril.	20 juillet.	novembre.	
Tilleul	28 mars.	5 avril.	15 mai.	septembre.	1er-20 octobre.	
Vigne (Aramon)	26 mars.	6 avril.	19 mai.	20 août.	1er-15 octobre.	
Vigne (Jacquez)	28 mars.	12 avril.	21 mai.	20 août.	1er-15 octobre.	
B. — A FEUILLES PERSISTANTES.						
Arbousier commun	»	»	20 octobre.	septembre.	»	
Arbousier andrachné	»	»	février.	»	»	
Buis des Baléares	»	»	22 mars.	10 octobre.	»	
Cratægus glabra	25 février.	3 avril.	2 avril.	octobre.	»	
Fusain du Japon	mars.	10 mars.	»	»	»	
Laurier noble	»	avril.	28 mars.	27 septembre.	»	
Laurier-tin	»	»	15 mars.	15 octobre.	»	
Mahonia	»	»	25 mars.	29 juin.	»	
Néflier du Japon	»	»	1er octobre.	»	»	
Olivier	»	»	29 mai.	fin novembre.	»	

2 — Plantes herbacées a racines vivaces.

PLANTES.	SEMIS ou PLANTATIONS.	LEVÉE	REPRISE ANNUELLE de la VÉGÉTATION.	FLORAISON.	MATURITÉ.	ARRÊT ANNUEL de la VÉGÉTATION.	OBSERVATIONS.
Fraisier................	»	»	10 mars.	28 mars.	fin avril.	fin octobre.	
Giroflée jaune........	»	»	3 mars.	fin mai.	»	10 novembre.	
Sainfoin..............	»	»	3 mars.	10 mai.	»	10 novembre.	
Trèfle violet..........	»	»	3 mars.	15 mai.	»	15 novembre.	

3. — Plantes annuelles.

PLANTES.	SEMIS ou PLANTATIONS.	LEVÉE.	ÉPIAGE.	FLORAISON.	MATURITÉ.	OBSERVATIONS.
Blé bleu ou de Noé........	21 octobre 92.	2 novemb. 92.	28 avril 93.	30 avril.	15 juin.	
Touselle rouge de Provence	21 octobre 92.	2 novemb. 92.	25 avril.	28 avril.	10 juin.	
Blé à épi carré............						
Seigle commun............	21 octobre 92.	31 octobre 92.	9 avril.	18 avril.	3 juin.	
Orge commune à 6 rangs..	21 octobre 92.	1er novemb. 92.	29 avril.	30 avril.	27 mai.	
Orge éventail.............	21 octobre 92.	1er novemb. 92.	3 mai.	4 mai.	3 juin.	
Avoine noire de Brie......	21 octobre 92.	2 novemb. 92.	20 mai.	20 mai.	15 juin.	Quelques pieds gelés en janvier, paille courte, épis charbonnés.
Avoine grise d'hiver........	21 octobre 92.	2 novemb. 92.	20 mai.	20 mai.	10 juin.	Quelques épis charbonnés
Pomme de terre (Rich. Impérator)..............	8 mars.	6 avril.	»	20 juin.	20 août.	
Topinambour.............	6 mars.	1er avril.	»	20 septembre.	octobre.	
Betterave (globe jaune)....	6 mars.	»	»	»	»	Levée mauvaise, nulle.
Maïs blanc des Landes....	1er avril.	25 avril-8 mai.	»	10-15 juillet.	10 septembre.	Levée irrégulière.
Maïs gros jaune...........	1er avril.	25 avril-8 mai.	»	10-15 juillet.	12 septembre.	*id.*
Maïs dent de chev.(Caragua)	1er avril.	25 avril-8 mai.	»	août.	30 septembre.	*id.*
Maïs cinquantain..........	1er avril.	25 avril-8 mai.	»	15 juillet.	8 septembre.	*id.*
Sorgho sucré..............	1er avril.	30 avril.	»	fin juillet.	octobre.	
Haricot rouge d'Orléans...	1er avril.	25 avril.	»	mai.	juillet.	
Lin de Riga...............	6 mars.	20 mars.	»	30 mai.	»	
Féverole..................	6 mars.	29 mars.	»	mai.	juin.	

SUR LES

OBSERVATIONS ACTINOMÉTRIQUES

FAITES PENDANT L'ANNÉE 1893

A L'OBSERVATOIRE MÉTÉOROLOGIQUE DE MONTPELLIER

Note de M. A. CROVA.

Les observations actinométriques faites à l'Observatoire de l'École d'Agriculture depuis l'année 1883 ont été publiées régulièrement dans les *Annales*, sauf celles de 1892, qui étaient insuffisantes pour une discussion complète.

La réorganisation de ce service nous permet de publier celles de 1893.

Ces observations ont été faites avec régularité par MM. Houdaille et Sémichon. L'actinographe a permis de relever, en 1893, 113 courbes photographiques.

Les observations à l'actinomètre ont été faites un peu avant midi, les jours où le soleil était bien découvert de nuages.

L'ensemble des observations est résumé dans les deux tableaux numériques ci-joints, et représenté graphiquement dans les deux planches qui accompagnent cette Note.

Les calories indiquées sont les petites calories (gramme-degré); les intensités représentent les quantités de chaleur reçues en une minute sur une surface noircie d'un centimètre carré exposée normalement aux rayons solaires.

Les heures d'insolation ont été relevées au moyen de l'héliographe de Campbell.

Le nombre d'heures d'insolation est représenté sur la planche par la longueur d'un trait noir partant de la ligne horizontale supérieure, dont la valeur en heures est donnée par une graduation gravée à gauche.

Une courbe tracée au-dessous en pointillé donne, pour tous les jours de l'année, la durée du jour solaire ; la distance de l'extrémité inférieure du trait noir à la courbe représente donc en heures le déficit d'insolation, c'est-à-dire le temps pendant lequel le soleil a été voilé par les nuages, ou sa radiation trop affaiblie pour carboniser le papier.

Au-dessous, sont tracés de bas en haut des traits noirs dont la longueur représente l'intensité calorifique de la radiation solaire un peu avant midi, époque du maximum; une graduation dirigée dans le même sens donne l'intensité correspondante en calories.

On remarquera que, conformément à la loi générale que nous avons établie, l'intensité calorifique, faible en hiver, augmente d'une manière continue du mois de décembre au mois de juin, en conservant une valeur considérable pendant le printemps; les maxima absolus sont de $1^{cal},33$ en mars, $1^{cal},36$ en avril, $1^{cal},42$ en mai, et $1^{cal},46$ en juin. Ces valeurs sont les plus fortes qui aient été observées depuis longtemps ; jamais elles n'avaient présenté une telle régularité ; la valeur moyenne mensuelle $1^{cal},27$ correspond au mois de mai ; elle diminue ensuite pendant l'été.

En automne, un maximum secondaire de $1^{cal},20$ de la moyenne mensuelle se produit au mois de septembre, comme cela se produit habituellement, puis la radiation diminue jusqu'en hiver.

Comme on le voit, la marche générale est toujours celle que j'ai indiquée depuis longtemps ; mais la sécheresse prolongée de l'année 1893 donne aux valeurs observées une intensité et une régularité qui n'avaient jamais été constatées au même degré.

INTENSITÉS CALORIFIQUES.

	Moyennes mensuelles.			Moyennes des saisons.	Maxima absol.
	cal.	cal.	cal.	cal.	cal.
Hiver.......	1,02	1,01	1,07	1,03	1,20 le 2 février.
Printemps...	1,16	1,15	1,27	1,19	1,42 le 2 mai.
Eté.........	1,22	1,16	1,18	1,18	1,46 le 27 juin.
Automne....	1,20	1,17	1,16	1,17	1,31 le 3 septembre et le 22 octobre.
Année				1,142	

HEURES D'INSOLATION.

	Totaux des mois.			Totaux des saisons.	
	h m	h m	h m	h m	
Hiver........	86-58	102-42	116-16	305 56	Année. 2.222-59 (h m)
Printemps....	182-32	237-53	231-5	651-30	
Eté..........	253-2	251-8	295-1	799-11	
Automne.....	204-58	178-16	83-8	466-22	

Les valeurs considérables qu'a atteintes la radiation solaire en 1893 sont surtout remarquables au printemps, en été et en automne, l'hiver au contraire ayant été inférieur à la moyenne pour le nombre d'heures d'insolation et pour l'intensité calorifique. Il est intéressant de rapprocher ces valeurs élevées de la précocité de la végétation et de la maturation, de l'abondance des fruits, et de la sécheresse exceptionnelle qui ont caractérisé l'année 1893.

Cette comparaison peut être faite facilement en se référant au résumé que j'ai publié dans les *Annales* de 1889 et aux notices de M. Chabaneix sur les phénomènes de la végétation publiés chaque année dans ce recueil.

J'ai pensé qu'il serait utile de comparer les valeurs exceptionnellement élevées de 1893 aux résultats des observations faites dans les années précédentes. Nous possédons, en effet, une série de onze années d'observations faites régulièrement, à la même station, avec le même instrument et par la même méthode ; la comparaison de l'année 1893 avec la moyenne des dix années

Observatoire de la Commission Météorologique.

Nombre d'heures pendant lesquelles le Soleil a brillé.

DATES.	DÉCEMBRE 1892.	JANVIER 1893.	FÉVRIER.	MARS.	AVRIL.	MAI	JUIN.	JUILLET.	AOUT.	SEPTEMB.	OCTOBRE.	NOVEMBRE
	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	4-58	5-08	2-42	»	8-23	10-32	7-02	7-18	10-36	11-15	8-06	1-28
2	4-52	5-31	7-02	7-44	9-18	9-44	10-23	11-05	11-15	10-58	8-24	6-36
3	0-16	5-15	6-49	8-13	8-06	5-50	10-36	10-58	11-08	11-31	1-18	7-02
4	0 58	4-58	6-03	8-39	10-10	10-39	9-44	10-58	4-45	9-54	1-37	1-11
5	»	5-08	0-55	7-44	9-28	11-11	10-29	9-31	7-34	6-16	3-15	»
6	4-15	4-55	6-29	8-42	6-29	10-23	10-00	9-37	10-39	5-05	»	3-54
7	4-42	»	5-50	8-26	8-55	9-47	10-49	11-08	11-15	9-41	»	»
8	3-21	»	2-49	8-58	8-55	9-11	9-28	6-13	11-11	9-44	0-58	1-28
9	3-54	»	6-32	8-45	10-03	»	1-15	1-21	10-58	7-11	9-02	»
10	2-00	0-03	0-06	7-05	9-41	2-52	9-28	4-36	9-24	10-16	9-05	»
11	4-10	3-31	6-13	7-15	9-18	5-21	8-58	11-41	8-23	»	9-08	3-18
12	3-02	2-58	3-31	8-42	9-29	3-34	10-19	6-29	11-15	0-13	6-13	5 57
13	0-06	3-15	6-23	0 39	10-00	10-23	9-28	5-18	10-58	5-05	8-19	»
14	4-32	2-58	0-16	0-10	9-41	6-03	8-39	8-16	11-11	10-16	9-15	0-06
15	2-10	1-28	0-13	0-19	9-31	7-02	8-55	10-49	10-10	3 15	9-08	»
16	4-19	4-36	»	2-10	8-55	10-00	4-03	11-08	10-45	2-23	9-11	3-21
17	4-19	4-19	7-11	5-47	8-36	0-32	9-15	10-32	8-45	8-03	9-21	4-36
18	»	1-11	7-50	9-02	8-39	6-32	11-05	11-05	10-03	6-00	6-03	0-13
19	0-36	5-15	6-32	8-39	8-19	8-58	10-42	11-02	9-31	9-15	8-49	1-47
20	»	5-11	2-42	6-13	8-00	9-24	4-36	0-03	11-34	9-21	8-45	0-36
21	1-21	5-11	0-03	5-57	9-54	»	10-06	6-26	8-13	8-06	8-49	2-32
22	0-13	1-47	3-18	9-28	6-29	4-36	6-23	8-36	7-57	3-57	8-23	2-13
23	2-36	4-58	7-18	8-52	9-50	1-57	3-24	10-42	9-34	4-03	4-32	5-28
24	0-45	5-57	»	8-45	9-57	4-19	5-44	11-25	9-08	0-32	7-50	6-29
25	2-58	6-23	7-47	8-19	8-49	9-24	10-16	11-15	11-54	4-52	4-10	5-41
26	0-23	2-39	»	7-08	2-13	11-05	9-15	7-58	11-11	8-42	»	»
27	3-28	4-58	5-44	6-13	0-06	10-58	10-58	3-50	10-52	10-03	2-19	5-54
28	3-47	»	5-57	4-39	1-28	11-05	3-08	»	7-18	10-06	7-08	6-36
29	4-36	0-32		»	3-31	10-32	7-44	10-36	»	7-34	6-45	6-45
30	4-19	4-03		»	6-39	9-44	10-52	7-02	10-32	1-18	2-19	»
31	4-06	0-32		»		3-24		10-16	7-02		»	
Totaux	h m 86-58	h m 102-42	h m 116-16	h m 182-32	h m 237-53	h m 231-5	h m 253-2	h m 251-8	h m 295-1	h m 204-58	h m 178-16	h m 83-8

Hiver 305 h 56 m — Printemps 651 h 30 m — Été 799 h 11 m — Automne 466 h 22 m — Année 2.222 h 59 m

Observatoire de la Commission Météorologique.

Intensité calorifique de la Radiation solaire mesurée à midi (petites calorics, gramme-degré, reçues sur 1 cent. carré).

DATES.	DÉCEMBRE 1892.	JANVIER 1893.	FÉVRIER.	MARS.	AVRIL.	MAI.	JUIN.	JUILLET.	AOUT.	SEPTEMB.	OCTOBRE.	NOVEMBRE
	cal.	cal	cal.	cal.	cal.	cal.	cal.	cal.	cal.	cal.	cal.	cal.
1	»	1.05	»	»	1.04	1.36	»	»	»	»	»	»
2	»	1.07	1.20	»	0.92	1.42	»	1.34	1.16	1.09	»	1.23
3	»	»	1.21	0.16	»	1.45	»	1.42	1.18	1.31	»	»
4	»	»	1.09	1.26	1.36	1.31	»	1.07	»	»	»	»
5	»	0.99	»	»	1.22	1.33	»	1.03	1.25	»	»	»
6	»	0.83	»	1.02	»	1.40	»	»	1.39	»	»	»
7	»	»	0.96	»	»	»	1.28	1.14	1.42	»	»	»
8	»	»	»	0.92	1.13	1.15	»	»	1.25	»	»	»
9	»	»	»	»	1.25	»	»	»	1.19	»	»	»
10	»	»	»	1.30	0.92	»	1.22	»	1.19	1.22	1.23	»
11	»	»	»	1.30	0.94	»	»	»	»	»	»	»
12	»	»	»	1.25	1.26	1.01	»	»	»	»	»	0.99
13	»	1.14	1.17	»	1.35	1.37	»	»	1.05	»	1.12	»
14	»	»	»	»	1.19	»	»	»	1.22	1.03	1.27	»
15	»	»	»	»	1.20	»	»	»	1.05	»	»	»
16	»	»	»	»	»	»	»	0.90	»	»	1.02	»
17	»	»	1.01	»	1.30	»	»	»	»	»	1.10	»
18	»	»	0.85	1.21	»	»	1.16	»	1.14	»	»	»
19	»	1.17	1.07	1.33	»	»	1.17	1.20	1.11	»	»	»
20	»	0.79	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
21	»	»	»	»	1.13	»	»	»	»	»	1.22	»
22	»	»	»	1.01	»	»	»	»	»	»	1.31	»
23	»	»	»	1.26	»	»	»	»	»	»	»	»
24	»	1.02	»	1.19	»	»	»	»	0.98	»	1.02	»
25	»	1.01	»	0.92	»	»	»	1.16	1.15	»	»	»
26	»	»	»	»	»	»	1.03	»	1.11	1.18	»	»
27	»	»	»	»	»	1.13	1.46	»	1.18	1.30	»	1.18
28	»	»	»	»	»	1.35	»	»	»	1.28	1.20	1.24
29	1.09	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1.18	1.15
30	0.93	»	»	»	»	»	1.19	»	»	»	»	»
31	1.05	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	cal.	cal.	cal.	cal.	cal.	cal.	cal.	cal.	cal.	cal.	cal.	cal.
Moyennes	1.02	1.01	1.07	1.16	1.15	1.27	1.22	1.16	1.18	1.20	1.17	1.16
Maximum absolu..	1.09	1.17	1.20	1.33	1.36	1.42	1.46	1.42	1.42	1.31	1.31	1.24
Date..	29	19	2	19	4	2	27	3	7	3	22	28
Moy. des saisons.	Hiver 1c.03			Printemps 1,19			Été 1.18			Automne 1.17	Année 1.142	

précédentes (1883-1892) nous a permis de dresser le tableau suivant :

	Décemb.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai
Moyenne de 10 années	0,976	1,037	1,080	1,100	1,151	1,134
1893	1,02	1,01	1,07	1,16	1,15	1,27
Différences en faveur de 1893	+0,044	−0,027	−0,010	+0,060	+0,001	+0,136
	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octob.	Nov.
Moyenne de 10 années	1,105	1,107	1,059	1,071	1,027	1 039
1893	1,22	1,16	1,18	1,20	1,17	1,16
Différences en faveur de 1893	+0,115	+0,053	+0,121	+0 129	+0,143	+0,121

	Hiver	Printemps	Été	Automne	Année
Moyenne de 10 années	1,031	1,128	1,090	1,044	1,080
1893	1,03	1,19	1,18	1,17	1,142
Différences en faveur de 1893	−0,001	+0,062	+0,090	+0,126	+0,062

Les excès sur la moyenne observés en 1893 ont été surtout remarqués pendant les mois de mai,juin, août,septembre, octobre et novembre ; le plus fort, relatif au mois de mai, 0,136, représente les 11 centièmes de la valeur moyenne correspondante.

L'influence de la lumière sur la maturation des fruits et sur la transpiration des feuilles permet de se rendre compte de l'action que les fortes radiations de 1893 ont exercée sur les phénomènes de la végétation pendant cette année.

UTILISATION AGRICOLE

DES EAUX D'ÉGOUT

DE LA VILLE DE MONTPELLIER

Par M. J.-B. CHABANEIX

Généralement versées telles quelles dans la rivière la plus voisine, les eaux, qui ont servi au lavage des rues, aux usages domestiques et industriels et ont reçu une partie plus ou moins considérable du tribut des fosses d'aisance et des urinoirs, sont, presque partout, une cause d'insalubrité pour les agglomérations dont elles proviennent. Dans tous les cas, elles rendent malsaines et désagréables à habiter les rives des cours d'eau qui les reçoivent. D'un autre côté, ces eaux sont chargées d'une grande quantité de détritus organiques de toutes sortes, contenant les éléments d'un excellent engrais qui est complètement perdu pour l'agriculture.

Ces considérations, connues de tout le monde, et sur lesquelles il est, par conséquent, inutile de s'étendre davantage, mettent la question des eaux d'égout au premier rang de celles que cherchent à résoudre les hommes soucieux de la santé publique et de la prospérité de l'agriculture.

Désireux de contribuer à la solution de cet important problème, j'entrepris, en 1875, une série d'études et de recherches dans le but de trouver un moyen pratique d'assainir la vallée du Lez et, surtout, de rendre à l'agriculture la masse énorme de matières fertilisantes que ce petit fleuve porte à la mer. Mes études étaient terminées vers la fin de 1876.

Sur les données et les observations recueillies, j'élaborai un

projet d'utilisation agricole des eaux d'égout de la ville de Montpellier, qui, d'après moi, devait donner la solution du double problème que je m'étais posé.

Je me disposais à publier mon travail lorsque j'appris que la Ville venait de donner la concession de l'eau de ses égouts à une compagnie qui se chargeait de la purifier et d'en extraire les matières utiles à l'agriculture. Dans ces conditions, mon projet ne présentant plus qu'un intérêt rétrospectif, je le mis dans les cartons où il est resté jusqu'à ce jour.

Quoiqu'il y ait plus de quinze ans que la concession dont je viens de parler a été faite, les eaux d'égout n'en ont pas moins continué à porter au Lez la presque totalité de leurs impuretés. D'autre part, la rareté et le haut prix des engrais dans le pays, au lieu de diminuer, n'ont fait que s'accroître à mesure que le vignoble et les cultures maraîchères ont pris de l'extension. Le problème que j'avais cherché à résoudre, il y a seize ou dix-sept ans, est donc encore à l'état d'énoncé.

Espérant activer sa solution, en attirant sur lui l'attention de personnes autorisées, je me décide à publier — en le résumant et après l'avoir légèrement retouché dans quelques chiffres et augmenté d'un chapitre relatif à Palavas — le projet rédigé en 1876.

Je préviens le lecteur que je donne ce travail, non comme un projet complet, exécutable *ne varietur*, mais comme une ébauche sérieuse, pouvant servir de jalon à ceux qui voudront s'occuper de cette question des égouts de Montpellier, dont la solution, tant au point de vue hygiénique qu'au point de vue agricole, serait un bienfait pour tout le pays.

I.

Débit des égouts. — Volume annuel des eaux.

Avant la construction du grand égout collecteur qui va du faubourg de Nimes au quartier de Quarante, en contournant le

polygone, et dont la mise en service date de 1889, les eaux d'égout de Montpellier étaient recueillies et conduites au Lez par quatre émissaires, savoir[1] : le *Verdanson*, *l'égout de la citadelle*, les *Petites Aiguerelles* et les *Aiguerelles*. Le tribut des trois premiers est reçu par le grand collecteur souterrain qui vient déboucher à ciel ouvert dans le ruisseau des Aiguerelles, sous le pont du chemin de fer de Palavas, au quartier de Quarante. A partir de ce point, le ruisseau des Aiguerelles devient collecteur général. Il débouche dans le Lez, au-dessus de la première écluse, à un kilomètre environ en aval du pont Juvénal. C'est à partir de ce confluent que les eaux du Lez perdent leur couleur bleue et deviennent plus ou moins odorantes. La contamination paraît s'atténuer à mesure qu'on descend vers la mer, mais elle est encore sensible à Palavas, ainsi qu'ont trop souvent l'occasion de le constater les habitants et les étrangers qui fréquentent cette station balnéaire.

Les jaugeages nombreux faits en 1875 et 1876 sur les quatre anciens collecteurs (Verdanson, égout de la citadelle, petites Aiguerelles et Aiguerelles) nous ont donné, pour l'ensemble, un débit moyen, par seconde, de $0^{mc},048179$. Pour l'année entière, ce débit correspond à 1,515,092 mèt. cubes, soit, en chiffre rond, *1,500,000* mèt. cubes.

Depuis cette époque, la prise d'eau à la source du Lez, pour l'alimentation de la ville, a été considérablement augmentée. D'un autre côté, la canalisation souterraine ayant été réparée et beaucoup développée, les pertes d'eau par évaporation et autres causes ont diminué dans une large mesure. Il résulte de toutes ces causes que le débit actuel est bien supérieur à ce qu'il était en 1875. Je n'ai ni le temps ni les moyens de faire les jaugeages nécessaires pour le déterminer exactement. Mais sachant, d'une part, que l'aqueduc du Peyrou verse annuellement en ville 5,720,400 mèt. cubes d'eau, à raison de 150 litres par seconde;

[1] Voir Pl. VII.

d'autre part, que les eaux pluviales, reçues par la surface d'environ 200 hectares tributaires des égouts, en fournissent à peu près 1,400,000 mèt. cubes, cela nous fait un total de 7,129,400 mèt. cubes d'eau qui devraient sortir par le collecteur général si l'évaporation et les infiltrations n'en faisaient disparaître une partie.

On a constaté à Paris que le volume des eaux d'égout versées dans la Seine représente les $\frac{81}{100}$ des eaux d'alimentation ou pluviales reçues par la capitale. Le climat étant plus sec et plus chaud à Montpellier qu'à Paris, l'évaporation y est aussi beaucoup plus grande. Si, pour cette cause et pour quelques autres telles que la nature du sol, la construction des canaux souterrains, etc., nous admettons qu'au lieu de 0,81, les égouts de Montpellier ne reçoivent que les 0,45 des eaux d'alimentation et pluviales, le volume annuel des eaux jetées au Lez par les égouts sera de 3,204,180 mèt. cubes, soit 3,000,000 en chiffre rond. C'est le volume sur lequel nous établirons nos calculs ultérieurs.

Composition des eaux d'égout. — Les nombreuses analyses faites en 1875 et 1876 m'ont donné, comme teneur moyenne de l'ensemble des eaux d'égout de Montpellier :

	Par mètre cube.
Azote total	0 k. 0678
Potasse	0 0428
Acide phosphorique	0 0209
Résidu sec	1 4890

Le volume annuel de ces eaux étant passé de 1,500,000 à 3,000,000 mèt. cubes depuis l'époque où ont été faites les analyses qui ont fourni les chiffres ci-dessus, il est certain que leur richesse a dû diminuer sensiblement malgré l'envoi plus général à l'égout des produits des fosses d'aisance et des urinoirs et le lavage plus fréquent des rues. Je n'ai pas fait de nouvelles analyses ; mais, en tenant compte des observations que je

signale, je pense que, si nous admettons que les dosages constatés en 1875 sont réduits de moitié, nous ne devons pas nous éloigner beaucoup de la réalité, tout en restant au-dessous. Dorénavant, nous admettrons donc comme réels les dosages suivants:

	Par mètre cube.
Azote total	0 k. 033
Potasse	0 021
Acide phosphorique	0 010
Résidu sec	0 740

D'après ce que nous avons vu tout à l'heure, les eaux d'égout de Paris devraient être moins riches que celles de Montpellier. Or, elle contiennent :

	Par mètre cube.
Azote total	0 k. 037
Potasse	0 032
Acide phosphorique	0 016

Cette comparaison confirme ce que nous venons de dire, à savoir : que les dosages adoptés pour les eaux de Montpellier sont au-dessous plutôt qu'au-dessus de leur richesse réelle.

Quoi qu'il en soit, si nous appliquons ces dosages à une production annuelle de 3,000,000 de mèt. cubes d'eau, nous obtenons pour l'année entière :

99,000 kil. d'azote,
63,000 kil. de potasse,
30,000 kil. d'acide phosphorique,
et 2,220,000 kil. de résidu sec.

Dans les engrais commerciaux, fumiers d'écurie et autres matières fertilisantes, le prix du kilogr. d'azote varie de 1 à 2 fr., celui de la potasse de 0 fr. 40 à 0 fr. 80 et celui de l'acide phosphorique de 0 fr. 50 à 0 fr. 75. En prenant le plus bas de ces prix et l'appliquant aux quantités annuellement jetées au Lez de chacune de ces trois substances essentielles des engrais,

la valeur des pertes subies chaque année s'établirait ainsi :

Azote : 99,000 kil., à 1 fr. l'un..........	99,000 fr.
Potasse : 63,000 kil. à 0 fr. 40...........	25,200 —
Acide phosphorique : 30,000 kil. à 0 fr. 50	15,000 —
Valeur totale..............	139,200 fr.

Comme nous n'avons fait entrer en ligne de compte ni la valeur de l'eau ni celle des matières minérales autres que la potasse et l'acide phosphorique, et que, d'un autre côté, nous avons la conviction que les quantités d'azote, de potasse et d'acide phosphorique sur lesquelles nous avons établi nos calculs sont bien au-dessous des quantités réelles, nous pouvons dire, sans être taxé d'exagération, que la ville de Montpellier jette à la mer, chaque année, une valeur de plus de 150,000 fr.

Voyons maintenant comment, selon nous, on pourrait éviter cette perte.

Moyens à employer pour tirer parti des eaux d'égout.

Parmi les nombreux procédés usités ou recommandés pour l'utilisation des eaux d'égout, celui qui me paraît devoir être préféré ici, c'est *le déversement des eaux, à mesure de leur production, sur les terres qu'elles sont appelées à fertiliser ou à enrichir.*

C'est le système employé à Paris, dans la presqu'île de Gennevilliers, depuis 1869. Il a donné des résultats tellement satisfaisants qu'on se propose, actuellement, de l'étendre jusqu'à la forêt de Saint-Germain (plaine d'Achères) afin de pouvoir utiliser toutes les eaux vannes de la capitale. Il est mis en pratique, avec le même succès, par plusieurs autres villes de France et de l'étranger, notamment en Angleterre, en Écosse (Édimbourg) et en Italie. Sans sortir du département, on peut en voir un spécimen très intéressant à l'Ecole nationale d'agriculture, où il fonctionne depuis 1877.

L'emploi des eaux d'égout, tel que nous le préconisons, fait

d'une manière rationnelle, présente plusieurs avantages, parmi lesquels nous ferons ressortir les deux suivants :

1° *Au point de vue de la salubrité publique*, il supprime les émanations fétides et pestilentielles résultant de la fermentation putride des matières organiques contenues dans ces eaux, fermentation qui se produit invariablement dans les canaux, flaques ou réservoirs où elles séjournent un certain temps, à l'air libre ;

2° *Au point de vue agricole*, il évite les pertes d'azote produites par le dégagement des carbonate et sulfhydrate d'ammoniaque qui se forment dans les masses liquides ou boueuses en fermentation.

Les matières dissoutes ou très divisées pénètrent dans le sol, où elles sont retenues et subissent les transformations chimiques qui les rendent aptes à servir d'aliment aux plantes. Quant aux substances solides, volumineuses, tenues en suspension, elles se déposent à la surface des terrains irrigués, où elles se dessèchent et se décomposent peu à peu, sans passer par la fermentation putride, en attendant qu'elles soient enterrées par le coup de charrue ou la façon aratoire donnée au sol, aussitôt qu'il est ressuyé, après chaque arrosage. Mais, d'une manière comme de l'autre, l'absorption des eaux bien répandues et appliquées en quantité convenable, de même que la décomposition des matières organiques apportées par elles, ne donne jamais lieu à ces émanations infectes et malsaines qui s'échappent des cloaques où séjournent ces eaux.

La partie liquide pénètre dans le sol, à une profondeur plus ou moins grande, suivant la perméabilité de la terre. Quand elle n'est pas recueillie par le drainage, elle va former des sources dans les vallées voisines. Mais, dans l'un comme dans l'autre cas, elle sort de terre absolument limpide et aussi pure que la meilleure eau de source.

La ville de Montpellier se trouve, du reste, dans une situation

exceptionnellement favorable à l'emploi de l'eau des égouts en irrigation. En effet :

1° Elle domine une plaine située à quelques kilomètres à peine, sur laquelle *les eaux peuvent arriver sous la simple action de la gravité*, c'est-à-dire sans frais élévatoires d'aucune sorte ;

2° Le *climat* sec et chaud du pays, en imprimant une grande activité à l'évaporation, réduit considérablement le volume des eaux de colature et diminue ainsi, dans une notable proportion, les frais de drainage et autres moyens d'évacuation. Il donne en même temps à l'eau proprement dite, comme eau d'arrosage, une valeur qu'elle ne saurait atteindre dans les contrées froides et pluvieuses, où le sol contient, en toute saison, la dose d'humidité nécessaire à la végétation.

Et 3° les matières fertilisantes contenues dans les eaux d'égout, et actuellement perdues, représentent ici, comme nous l'avons dit déjà, une valeur d'autant plus élevée que le pays consomme beaucoup d'engrais, alors que les moyens d'en produire lui manquent presque complètement.

Après ces considérations générales en faveur de l'emploi direct des eaux d'égout de Montpellier, il nous reste à indiquer les terrains sur lesquels nous proposons de les envoyer, et faire connaître les procédés d'adduction et de distribution qui nous paraissent les meilleurs.

Terrains. — Surface nécessaire. — L'emploi des eaux d'égout fraîches, en arrosage, a pour but :

1° De fournir à la terre la quantité d'engrais dont elle a besoin pour nourrir la récolte qu'on lui demande ;

Et 2° de faire subir à l'eau une filtration qui la débarrasse des matières putrescibles qu'elle tient en suspension ou en dissolution.

Le premier but sera atteint : 1° lorsqu'on répandra à la surface une quantité d'eau suffisante pour apporter la masse d'engrais qu'il s'agit d'appliquer ; et 2° que cette eau, au lieu de couler ou de ruisseler à la surface, *filtrera à travers la terre ou la surface*

gazonnée, de manière à se dépouiller de tous les éléments fixes dont elle est chargée.

Si cette dernière condition n'est pas remplie, la partie de l'eau qui coule à la surface ne fait que déposer les sables, graviers et autres matières lourdes, et emporte, aux fossés de colature, la majeure partie des principes utiles qu'elle contient. Lorsque les choses se passent ainsi, la terre n'est pas enrichie proportionnellement à la quantité d'eau qu'elle a reçue, et, inconvénient non moins grave, la filtration n'ayant pour ainsi dire pas eu lieu, l'eau n'est pas épurée et va infecter les fossés et les ruisseaux dans lesquels elle tombe.

Cette nécessité de faire absorber toute l'eau par la terre nous indique les principales conditions à remplir pour atteindre le double but proposé : *fertilisation du sol* et *épuration des eaux*. — Ces conditions peuvent se résumer ainsi :

1° Choisir une terre aussi perméable que possible, mais contenant cependant une certaine proportion d'*éléments ténus*, indispensables à une filtration parfaite. Les terres sableuses, siliceuses ou calcaires, les terres d'alluvion et beaucoup d'autres possèdent ces qualités.

2° Maintenir les facultés absorbantes de la surface, soit par des cultures superficielles ou profondes, selon les cas, données après chaque arrosage, soit en la couvrant de gazon, c'est-à-dire d'une culture fourragère.

3° Les pores ou interstices entre les particules terreuses de la surface irriguée s'obstruant peu à peu, à mesure que l'eau y dépose ses éléments fixes, il arrive, au bout d'un certain temps, plus ou moins long, suivant la nature du sol, l'abondance et la qualité des eaux, les façons aratoires données à la terre, etc., que la filtration se ralentit peu à peu et finit par s'arrêter complètement. Ce fait, qui se produit toujours lorsque l'eau est donnée d'une façon continue pendant trop longtemps, nous montre qu'il est utile, nous pourrions même dire indispensable, pour réussir, de diviser la quantité d'eau que doit recevoir une terre,



chaque année, en plusieurs arrosages suffisamment espacés pour que le sol ait le temps de bien s'égoutter avant une nouvelle mise en eau. Les façons aratoires, telles que labour, hersage, que nous recommandons de donner après chaque un ou deux arrosages, en brisant la croûte qui se forme à la surface par la dessiccation et aérant le sol, évitent en partie ou retardent l'accident dont nous parlons, en même temps qu'elles ont l'avantage d'enfouir et de mélanger à la couche arable les matières solides déposées par les eaux.

Quantité d'eau à employer. — Le but essentiel de l'épandage des eaux d'égout étant de fournir à la terre les éléments des récoltes que celle-ci doit produire, si on admet, d'un côté, que la fertilité ou plutôt la richesse de cette terre doit rester constante et, de l'autre, que tous les principes nutritifs apportés par l'eau sont absorbés par les plantes, rien n'est plus facile que de déterminer théoriquement la quantité d'eau qu'on devra employer, connaissant, d'autre part, la composition de cette eau et celle des plantes cultivées ainsi que le poids des récoltes obtenues. Disons, toutefois, que le volume d'eau d'arrosage ainsi déterminé doit être sensiblement augmenté pour tenir compte des pertes dues aux influences météorologiques et autres.

Dans la pratique agricole, on admet, généralement, qu'une culture intensive exige par hectare et par an, environ 20,000 kil. de fumier de ferme normal, soit 80 kil. d'azote en évaluant l'engrais en fonction de son élément le plus important. Si nous nous en tenons à ce chiffre, l'eau des égouts de Montpellier dosant $0^k,033$ d'azote par mètre cube, il suffirait de 2,425 mèt. cubes de cette eau pour fournir la fumure demandée.

Les terres que nous avons en vue n'étant pas très riches et notre climat nous permettant de faire plusieurs récoltes dans la même année, nous nous proposons, en commençant, de tripler cette quantité, c'est-à-dire d'appliquer par hectare et par an 7,500 mèt. cubes, soit 240 kil. d'azote au lieu de 80. Cette

quantité est, selon nous, un maximum qui devra être réduit après quelques années d'application. Elle est cependant sept fois moindre que celle admise par les ingénieurs du service des eaux de Paris. En l'adoptant, nous pouvons donc espérer une épuration parfaite, résultat que nous obtiendrons difficilement, croyons-nous, après quelques années de fonctionnement, en employant 50,000 mèt. cubes par hectare, comme on le fait sur les terres graveleuses de Gennevilliers.

A raison de 7,500 mèt. cubes par hectare et par an, les 3,000,000 de mètres cubes d'eau d'égout, dont nous disposons annuellement, ont besoin d'un terrain de 400 hectares de surface.

Dans notre projet de 1876, nous réunissions toutes les eaux d'égout dans le ruisseau des Aiguerelles, sous le pont du chemin de fer de Palavas, précisément au point où débouche le collecteur souterrain nouvellement construit. De ce point, nous faisions partir le canal chargé de porter et distribuer l'eau aux terres arrosables. Nous ne changeons rien à cette disposition. Mais le départ de notre canal d'arrosage qui était à la cote 11^{m};50 au-dessus du niveau de la mer, dépasse à peine la côte 10 mèt. pour ne pas faire refluer les eaux dans le collecteur, dont le débouché est à 1^{m},50 au-dessous de celui que nous avions fixé. Cet abaissement de près de 1^{m},50 réduit sensiblement la surface arrosable. Toutefois, celle qui reste disponible est encore plus que suffisante.

En effet, il résulte de l'examen de nos anciens plans qu'un canal d'amenée, prenant l'eau aux Aiguerelles, sous le pont du chemin de fer, à la côte 10 mèt. et ayant une pente de 0^{m},30 à 0^{m},50 par kilomètre peut arroser [1]:

1° Près de 800 hectares sur la rive droite du Lez, entre ce fleuve à l'Est, les prairies et marais de Gramenet au Sud, la Mosson à l'Ouest, le chemin de fer P.-L.-M et le canal lui-même au Nord ;

[1] Voir Pl. VII.

Et 2° environ 500 hectares sur la rive gauche, entre la route de Pérols au Nord, la Lironde à l'Est, les marais de Lattes au Sud et le Lez à l'Ouest ;

Soit, en tout, 1,200 à 1,300 hectares, sans parler des prairies plus ou moins marécageuses de Lattes et de Gramenet, dont quelques parties seraient avantageusement arrosées à l'eau d'égout. Le terrain ne manque donc pas.

Les terres arrosables de la rive droite étant plus étendues que celles de la rive gauche, leur surface étant moins plane, ce qui facilite la distribution des eaux d'arrosage et l'évacuation des colatures ; et, d'autre part, le canal qui les arrosera n'exigeant ni siphons, ni autres travaux d'art importants, nous leur donnerons la préférence.

C'est donc sur ces 800 hectares, en commençant par le côté de l'Est, c'est-à-dire le plus près possible de la prise d'eau, que nous prendrons les 400 hectares dont nous avons besoin en ce moment.

Canal d'amenée. — Un bassin de *réception* pour les collecteurs et de *prise* pour le canal d'arrosage est établi à la jonction du grand collecteur souterrain et du ruisseau des Aiguerelles, en aval et tout près du pont du chemin de fer d'intérêt local. Ce bassin est pourvu de deux vannes, l'une fermant le canal de fuite des Aiguerelles, l'autre l'entrée du canal d'amenée, de manière à pouvoir envoyer, à volonté, tout ou partie des eaux soit au Lez, soit sur les terres à arroser.

L'entrée du canal de dérivation est disposée de telle sorte qu'elle ne peut admettre, même en cas de crue subite, que la quantité d'eau que peut facilement porter ce canal. Un déversoir à seuil fixe est ménagé sur un des bords du bassin pour assurer le libre écoulement au Lez de l'eau des crues.

Le canal d'amenée est construit souterrainement, en tuyaux de fonte ou de béton, parallèlement à la voie ferrée, depuis le bassin de réception jusqu'à la rencontre du chemin qui va de la route de Lattes à la première écluse.

A partir de ce dernier point, où il débouche au niveau du sol, il est établi à ciel ouvert et se dirige vers l'Ouest en suivant les ondulations du sol, avec une pente de 0m,30 par kilomètre. Il traverse la route de Lattes, près du mas des Belles-Treilles, et continue à s'avancer vers la Mosson en passant au-dessous, c'est-à-dire au midi des habitations ou mas suivants : *Las Sorres*, *Hourradou*, *Saporta*, *Michel*, *Abauzit*, *Rondelet*, *Mariotte*, *Desplans*, *Formiga*, *Tinal*, et vient se terminer au chemin de fer P.-L.-M., un peu à l'Ouest de la *Castelle*.

Les berges et le fond du canal seront en terre, sauf pour les traversées des chemins et ruisseaux, et l'ensemble de la construction sera établi de telle sorte que le déversement sur les terres inférieures se fasse sans aucune difficulté et que les eaux pluviales des terrains supérieurs ne puissent pénétrer dans le canal ni couper ses berges.

Nous n'avons pas besoin d'ajouter que des vannes ou martellières de prise, d'arrêt et de décharge seront installées en nombre suffisant et disposées de manière à assurer la bonne marche du service.

Canaux secondaires. — Des canaux secondaires ou *fillioles* seront ouverts là où ils seront nécessaires pour porter l'eau sur les terres que leur éloignement ne permet pas d'arroser avec les rigoles dérivées directement du canal principal.

Après avoir indiqué, en les effleurant, les principales questions techniques de l'adduction et de la distribution de l'eau, disons maintenant quelques mots des parties économique, agricole et financière de l'œuvre dont nous nous occupons.

Partie économique. — Avant de passer à l'exécution du projet que nous venons d'esquisser, la *personnalité civile* chargée de cette opération doit avoir en mains :

1° Une concession de la ville, à titre gratuit ou onéreux, lui assurant la libre disposition des eaux pendant une période de temps suffisamment longue, 20, 30, 40, 50 ou 99 ans.

2° Un décret déclaratif d'utilité publique du canal d'amenée permettant d'exproprier les propriétaires qui refuseraient le droit de passage.

Ces formalités préalables remplies, les questions relatives à la construction et à l'exploitation du canal peuvent être réalisées par plusieurs combinaisons.

1° La ville de Montpellier, dans le but d'assurer la salubrité et faire un emploi utile et lucratif de l'eau de ses égouts, peut construire le canal à ses frais et vendre l'eau aux propriétaires arroseurs à des conditions et prix fixés à l'avance ou débattus entre les parties intéressées. Elle pourrait aussi exploiter elle-même ou par fermier, les terres arrosables dont elle aurait fait l'acquisition ou la location à long bail.

2° Une société privée peut traiter avec la ville pour avoir la libre jouissance du produit des égouts, et se charger de la construction du canal dont elle vendrait les eaux aux riverains inférieurs ou l'emploierait pour son propre compte sur les terres lui appartenant.

3° Les propriétaires du terrain compris dans le périmètre arrosable, réunis en syndicat, se chargent directement des travaux de conduite de l'eau et de tout ce qui concerne sa répartition et son emploi.

Cette dernière combinaison serait évidemment la meilleure, tant au point de vue de l'économie dans la construction du canal et de ses annexes, qu'à celui de l'utilisation complète de l'eau. Reste à savoir si tous les propriétaires intéressés en comprendront assez bien les avantages pour la réaliser ; j'en doute un peu.

Partie agricole. — La production de l'eau d'égout étant continue et son emploi devant être immédiat afin d'éviter la construction du réservoir nécessaire pour l'emmagasiner et les dangers pour l'hygiène publique pouvant résulter de cette accumulation, il faut que l'aménagement de la surface arrosable soit compris de

telle sorte qu'il y ait constamment un terrain suffisant prêt à recevoir les eaux disponibles.

Si les terres appartenaient à un seul propriétaire ou fermier, rien ne serait plus facile que d'établir une rotation culturale présentant en toute saison de l'année une surface, nue ou ensemencée, disposée à recevoir les eaux du jour. Ainsi, par exemple, pendant l'hiver, au moment où la végétation est arrêtée, on irriguerait les terres nues, la vigne et autres cultures arbustives, les prairies naturelles ou artificielles, etc. Pendant la belle saison, on pourrait donner 2 ou 3 arrosages aux vignes et aux céréales, 20 ou 30 aux cultures maraîchères, 8 à 10 aux prairies naturelles à raison de 2 ou 3 après chaque coupe, coupes qu'il serait d'ailleurs facile d'échelonner sur une grande partie de l'année si on faisait consommer à l'état vert une partie des fourrages, etc.

Mais, si au lieu d'être sous une même direction, le terrain appartient à plusieurs propriétaires ou fermiers, il y aura probablement des tiraillements pendant les premières années, la plupart des intéressés voulant faire les mêmes cultures, ayant par conséquent besoin de l'eau aux mêmes époques et n'en prenant pas à d'autres moments. On en sera quitte, alors, pour envoyer l'eau à la mer les jours où l'on n'en aura pas l'emploi. Il faut espérer, si cela se présente, que le bon sens et l'intérêt bien compris des arroseurs feront cesser rapidement cet état de choses et les inconvénients qui en résultent. D'ailleurs, on pourrait les éviter dans une certaine mesure, en insérant dans la police de vente de l'eau des clauses relatives à la nature des cultures et aux époques des arrosages, assurant l'emploi continu et intégral du produit des égouts.

Par leur état d'extrême division et la facilité générale de leur décomposition, les matières fertilisantes apportées par les eaux d'égouts conviennent plus particulièrement aux plantes à végétation rapide et à grand développement foliacé, telles que les plantes fourragères — les graminées principalement — les

cultures maraîchères, le maïs pour graines ou pour fourrage, la vigne et quelques arbres fruitiers comme poiriers, pommiers, pruniers, etc. Mais, selon nous, ce sont les prairies naturelles, les cultures jardinières de gros légumes et la vigne, qui se prêtent le mieux à l'emploi continu et à la bonne utilisation des eaux.

Dans cette association de plusieurs cultures, les prairies temporaires ou pérennes, nous semblent devoir prédominer, et en voici la raison. Essentiellement composées de graminées, elles peuvent, sous notre climat, être coupées 5 à 6 fois et plus par an, ce qui permet de les arroser à peu près toute l'année. Leur rendement moyen ne peut pas être estimé à moins de 12,000 à 15,000 kil. de foin sec à l'hectare. (On dépasse ce chiffre dans la prairie arrosée aux eaux d'égout à l'École d'Agriculture). Or, au prix actuel des fourrages — prix qui ne pourra que s'élever à mesure que l'extension du vignoble et des cultures maraîchères réduiront les surfaces conservées aux plantes fourragères — ce rendement dont l'obtention exige relativement peu de frais et ne présente presque pas d'aléa, fournira un revenu net que peu de plantes, même la vigne, sont capables d'assurer.

Cette grande production fourragère, permettant de nourrir plus d'animaux dans le pays, permettra de fabriquer en abondance du fumier de ferme, dont profiteront les terres qui ne peuvent recevoir les eaux d'égout.

Partie financière. — Les plans et devis de notre projet de 1876 ne s'appliquant pas exactement à celui qui nous occupe en ce moment, et ne pouvant, au sujet de ce dernier, faire sur le terrain les relevés dont nous aurions besoin pour traiter à fond la question financière, nous nous bornerons à donner quelques chiffres déduits par approximation de notre ancien projet, et choisis de manière à *majorer les dépenses* et *réduire les recettes*, afin d'éviter toute déception à quiconque voudrait les appliquer.

Dans ce qui va suivre, nous supposons que le canal et ses annexes (fillioles, canaux de colature, ouvrages d'art, etc.) ont

été construits et sont entretenus par une société concessionnaire qui vend l'eau aux propriétaires arrosants.

Constructions. — Achat du terrain.

Le bassin de réception à l'origine du canal d'amenée, avec ses deux vannes de prise et de décharge et son déversoir, coûtera........................ 2000f,00

Le canal souterrain en tuyaux de fonte, établi sur le côté de la ligne du chemin de fer jusqu'en face de la 1re écluse, sur une longueur de 1,200 mètres environ, reviendra, à raison de 80 fr. le mètre linéaire, à........................ 96000 00

Le canal principal à ciel ouvert, ayant en moyenne, 0m,50 de largeur au plafond, 1 mètre de profondeur avec des talus à 45° et une longueur d'environ 8 kilomètres, occasionnera les dépenses suivantes :

1° Prix du terrain occupé par le canal, ses francs bords et ses talus extérieurs : 6 mètres de largeur sur une longueur de 8,000 mètres, soit 4,800 mètres à 5 fr. l'un... 140000 00

2° Creusement du canal, construction des digues, ponceaux, aqueducs, siphons et autres travaux de protection, à 20 fr. le mètre courant..... 160000 00

Total.................. 300000 00

5 *Kilomètres de fillioles,* à 10 fr. le mètre courant.................................. 50000 00

Martellières et vannes d'arrêt, de distribution et de décharge............................ 10000 00

Maison pour loger le directeur des eaux ou eygadier 10000 00

Total général............. 468000f,00

Mettons en chiffre rond 500,000 francs.

Dépenses annuelles.

En supposant que les frais de construction et d'achat du terrain doivent être amortis en 50 ans, si le taux de l'intérêt est de 5 °/₀, l'annuité à payer sera de.............. 27388f,50

Si on ajoute à cette annuité :

1° cinq pour cent des frais de construction pour l'entretien des travaux, soit............. 18000 00

2° 2,000 fr. d'appointements fixes à l'eygadier. 2000 00

On arrivera à une dépense annuelle totale de. 47388f,50

Recettes.

En vendant l'eau 0 fr. 020 le mètre cube — ce qui met le kilogr. d'azote, considéré comme le seul élément utile — à 0 fr. 66 au lieu de 1 fr. 50 à 2 fr. qu'il vaut dans le commerce — les 3,000,000 de mètres cubes livrés chaque année donneront lieu à une recette de $3,000,000 \times 0,02 = 60,000$ fr.

Si nous retranchons de l'annuité de 27,388 fr. 50 la partie amortissante, soit 2,388 fr. 50 et que nous l'ajoutions aux frais d'entretien et aux appointements de l'eygadier, les dépenses annuelles s'élèvent à :

18,000 + 2,000 + 2,388,50, soit 22,388 fr. 50. — La recette étant de 60,000 fr., il reste comme bénéfice annuel 37,611 fr. 50, correspondant à un intérêt de 7,52 °/₀ du capital engagé, non compris l'amortissement.

Dans les conditions que nous venons d'indiquer, on fournit aux arrosants, moyennant 150 fr. par hectare, l'équivalent de 50,000 kilogr. de fumier de ferme dosant 0,05 °/₀ d'azote et 7,500 mèt. cubes d'eau. Le fumier tout transporté vaut plus de 10 fr. les 1,000 kilogr.; mettons-le à 5 fr. Les 50,000 kilogr, valent 250 fr. Sur les 7,500 mèt. cubes d'eau donnés chaque

année, 3,000 au moins sont fournis pendant la saison des arrosages et valent au minimum, comme eau d'irrigation, 0 fr. 05 le mètre cube, soit 15 fr. pour les 3,000. C'est donc, au bas mot, une valeur de 250 + 15 = 265 fr. contre 150 fr. espèces que l'on donne à l'arrosant. Il lui reste donc une belle marge pour réaliser des bénéfices, pour peu que ses cultures soient faites avec soin et intelligence.

Il serait déplacé dans une note comme celle-ci d'entrer dans les détails relatifs à la culture, à l'évaluation de la quantité et de la valeur des produits, en un mot, de chercher à établir par *doit* et *avoir*, le compte des cultivateurs. Mais, si nous ne faisons pas ce compte, tous les agriculteurs qui connaissent le climat de Montpellier, la nature et la situation des terres que nous proposons de soumettre à l'arrosage des eaux d'égout, le feront facilement, et tous, nous en avons la conviction, trouveront que ce compte se solde par un joli bénéfice pour l'exploitant, quel que soit le prix du fermage qu'on attribue au terrain.

Prise d'eau au Lez. — Les eaux d'égout étant moins abondantes et, par suite, beaucoup plus concentrées pendant la saison chaude, c'est-à-dire au moment où leur action, comme eaux d'arrosage, est la plus efficace, on améliorerait sensiblement le projet d'application de ces eaux que nous venons d'exposer, si on dérivait du Lez 40 à 50 litres d'eau par seconde, qu'on jetterait dans le bassin de prise du canal d'amenée, au moyen du grand égout souterrain. Cette dérivation n'aurait lieu que pendant l'été. Elle peut être faite à peu de frais en prenant l'eau au-dessus du barrage du moulin de l'Evêque. Elle est trop faible pour nuire à la navigation du Lez, d'ailleurs peu active en cette saison, et, comme nous venons de le dire, en fournissant un appoint à l'arrosage et diluant les eaux d'égout très chargées de matières fixes pendant l'été, elle augmenterait, dans une large mesure, l'effet utile de celles-ci.

Nous considérons cette dérivation comme un très utile complément du projet que nous venons d'exposer.

II.

Transformation de la plage et des dunes arides de Palavas, par l'emploi des eaux du Lez et des eaux d'égout de Montpellier.

Palavas possède une des plus belles plages de la Méditerranée. Si elle avait quelques ombrages et était tant soit peu protégée contre les émanations des étangs et des eaux du Lez, polluées par les égouts de Montpellier, cette station balnéaire serait, incontestablement, une des plus agréables du littoral languedocien.

Grâce à sa proximité et aux facilités de communication que donne le chemin de fer d'intérêt local, Palavas est très fréquenté par les Montpelliérains pendant la belle saison. Mais, malgré l'ennui de faire le voyage deux fois par jour, malgré le nombre croissant des jolies constructions qu'on y édifie d'une année à l'autre, on voit peu d'habitants de la ville et presque pas d'étrangers venir s'y installer à demeure durant la saison des bains. Ce fait, que les propriétaires et les commerçants de Palavas constatent en le déplorant, tient à plusieurs causes parmi lesquelles, une des plus importantes aux yeux de l'étranger, est le manque absolu d'ombre et de verdure. La plage nue! toujours la plage ! toujours le soleil ! mais pas un arbre coupant l'horizon! Pour toute végétation, quelques herbes grisâtres ou bleuâtres sur les dunes!

Le paysage est très beau pendant quelques heures, mettons quelques jours, mais quand on est forcé de l'admirer pendant trois semaines ou un mois, on finit par le trouver monotone. La nostalgie vous prend et, une fois parti, vous ne songez guère à revenir l'année suivante.

Peut-on remédier à cette fâcheuse situation ? La chose me paraît possible, sinon très facile. C'est ce que je vais essayer de de démontrer.

Le premier et le plus important des embellissements qu'on pourrait faire à Palavas serait, à mon humble avis, de créer au pied des dunes, parallèlement à la plage, tant du côté de Carnon que du côté de Maguelonne, une avenue bordée d'arbres sur double, triple ou quadruple rang, composée des essences qui résistent le mieux à l'air marin et ont une croissance rapide.

La création de cette avenue, ou plutôt de ces avenues, n'est malheureusement pas l'œuvre d'un jour, en tant qu'avenues ombreuses tout au moins. Son établissement rencontre d'ailleurs des difficultés nombreuses, parmi lesquelles nous citerons : 1° l'air salé de la mer, qui contrarie et empêche même la végétation de beaucoup d'arbres ; 2° la nature sablo-calcaire du sol, qui le rend peu propre à nourrir certains végétaux ; 3° l'état presque impalpable de ses éléments, qui l'expose à être déplacé à chaque coup de vent ; et 4° enfin, son aridité due à l'état et à la nature de ses composants.

Il n'est pas très facile d'empêcher l'action de l'air salé ni celle du vent. Cependant le boisement des dunes de la Gascogne et des Landes, les plantations arbustives des plages de Saint Raphaël, Cannes, de Nice, la présence de quelques arbres à Maguelonne et même à Palavas, nous portent à croire que, si on prenait certaines précautions dans le choix des essences, dans la manière de faire la plantation et de l'entretenir, on arriverait assez rapidement à faire une bordure verdoyante à la Méditerranée, aussi bien à Palavas qu'on l'a fait dans les contrées que nous venons de citer.

Il nous semble, du reste, que si l'on introduisait dans le sol les éléments de fertilité qui lui manquent et si on lui donnait un peu de cohésion par des engrais et une dose convenable d'humidité, on annihilerait, jusqu'à un certain point, l'action funeste des vents de mer.

L'apport d'engrais peut se faire d'une façon assez simple et pas très coûteuse comme nous le verrons plus loin.

Quant à l'arrosage, il me paraît des plus faciles, et j'ai toujours été surpris que le moyen que je vais indiquer pour l'obtenir, n'ait pas été encore appliqué ou, tout au moins, essayé. Ce moyen consisterait à prendre dans le Lez, au-dessus de la deuxième, ou ce qui vaudrait encore mieux, au-dessus de la première écluse 20, 30, 40 ou 50 litres d'eau par seconde, que l'on conduirait jusqu'à un point déterminé du village, d'où elle serait distribuée par des tuyaux ou rigoles cimentées dans les rues et sur la partie de la plage où seraient faites les plantations. Cette prise d'eau ne pouvant nuire en rien à la navigation du Lez, il est probable que le propriétaire du fleuve serait disposé à la concéder moyennant une redevance minime. Son installation, quoique coûteuse, serait une bonne affaire pour Palavas, car, indépendamment des plantations d'agrément dont elle assurerait la réussite, elle fournirait aux habitants l'eau douce dont ils manquent pour la création d'un lavoir, l'arrosage de leurs jardins et divers usages domestiques.

Elle pourrait même, après un bon filtrage, être employée comme eau de boisson.

Mais il y a peut-être encore mieux à faire pour Palavas que de lui amener un peu d'eau douce.

En attendant que les eaux d'égout de Montpellier soit utilisées par l'application du projet que nous avons exposé, ou tout autre qui paraîtra meilleur et plus pratique, les habitants de Palavas et les propriétaires du cordon littoral, entre la mer et les étangs, depuis le port de Carnon jusqu'à Maguelonne, et même au delà de ces deux points, devraient se syndiquer pour demander la concession d'une partie des eaux en question, qu'ils amèneraient par une conduite souterraine, en suivant la route ou le chemin de fer, jusqu'à l'entrée du village. Là, le conduit principal, qui déboucherait à 3 ou 4 mètres au-dessus du niveau de la mer, se diviserait en deux branches, l'une pour la rive droite, l'autre pour la rive gauche. Ces deux conduits secondaires, au moyen de bouches de prises, distribueraient l'eau aux ayants droit d'après

les règlements établis et sous la surveillance du chef arroseur.

Les eaux d'égout bien employées sur le sable des dunes y produiraient des effets merveilleux tant au point de vue de sa consolidation qu'à celui de sa transformation en une terre facile à cultiver et propre à un grand nombre de productions. En quelques années, Palavas aurait changé d'aspect, et les baigneurs étrangers, assurés d'y trouver de l'ombre et de la verdure, voire même d'excellents légumes frais, y viendraient en plus grand nombre et seraient beaucoup moins pressés d'en repartir. Et alors serait pleinement justifiée l'inscription suivante qu'on remarque sur une des plus riches villas de la rive droite :

« Heureux qui sur ces bords peut longtemps s'arrêter,
« Heureux qui les revoit s'il a pu les quitter. »

Mais la partie de la plage et les jardins ne profiteraient pas seuls des eaux d'égout. Ils seraient d'ailleurs insuffisants à utiliser un volume aussi considérable et incapables, à eux seuls, d'assurer l'intérêt et l'amortissement des frais d'adduction. C'est surtout aux vignes plantées dans les sables que ces eaux rendraient les plus grands services, en leur apportant l'engrais nécessaire et donnant au sol la cohésion qui lui manque pour résister à l'action des vents de terre ou de mer. Par leur emploi raisonné, on serait dispensé d'apporter du fumier, et on pourrait, très probablement supprimer le joncage, indispensable aujourd'hui.

L'emploi des eaux d'égout sur les dunes de Palavas ne devrait pas, à notre avis, dispenser de la prise d'eau claire du Lez dont nous parlions tout à l'heure, cette eau étant destinée à des usages auxquels ne peuvent servir les eaux d'égout.

Il faudrait donc deux conduits : l'un pour les eaux d'égout, l'autre pour les eaux claires. Le premier aurait environ 10 kilom. de longueur et le second 8. On pourrait d'ailleurs les établir côte à côte, dans la même tranchée. Leur installation ne coûterait pas moins de 350 à 400,000 fr. En acceptant ce dernier chiffre et en admettant que l'amortissement de cette dépense

doive être fait en 50 ans, le taux de l'intérêt étant de 5 °/₀, l'annuité à payer serait de 21,911 fr.

Si à cette annuité nous ajoutons, pour entretien du canal et des rigoles, redevances à la ville de Montpellier ou à la société concessionnaire des eaux d'égout et au propriétaire du canal du Lez, appointements d'un chef arroseur, etc., une somme de 12,000 fr., nous arrivons à une dépense annuelle totale de 34,000 fr. en chiffre rond.

En supposant que l'arrosage soit appliqué à 100 hectares de vignes, payant ensemble 25,000 fr. à raison de 250 fr. par hectare, il resterait à la charge de Palavas, pour l'arrosage de ses plantations d'agrément et de ses jardins et divers autres usages des eaux claires et des eaux d'égout, une dépense annuelle d'environ 9 à 10,000 fr.

Cette charge paraît énorme pour le pays, à première vue. Nous pensons cependant qu'elle n'est pas au-dessus de la valeur des services que rendrait l'application du projet que nous venons d'exposer sommairement.

Résumé.

La longue et très incomplète notice qui précède peut se résumer dans les quelques lignes suivantes :

1° Les eaux d'égout de Montpellier, grâce aux améliorations récentes de la canalisation souterraine, ne sont plus une cause réelle d'insalubrité pour la ville, mais elles continuent à rendre les rives du Lez désagréables à habiter ou à parcourir et légèrement malsaines ;

2° Ces eaux contiennent et emportent à la mer, chaque année, sans profit pour personne, l'équivalent de 20,000 tonnes de fumier de ferme dosant 0,05 °/₀ d'azote et valant 150 à 200,000 fr.

Cette masse de matières fertilisantes correspond à la quantité d'engrais consommée annuellement par une terre qui produirait :

Soit 42,750 quintaux métriques de blé, pouvant fournir le pain que mangent, en un an, 16 à 17,000 personnes.

Soit 90,000 hectolitres de vin, c'est-à-dire la consommation annuelle moyenne de 40 à 45,000 citoyens français.

Soit plus de légumes que n'en consomme la ville de Montpellier, etc., etc.

Si ces chiffres paraissent exagérés, qu'on les réduise dans la proportion que l'on voudra, même de moitié, et il restera encore une somme respectable pour représenter la valeur des eaux d'égout, cmplètement perdues aujourd'hui ;

3° Par le fait de la situation relativement élevée de Montpellier l'eau de ses égouts peut être envoyée sans le secours de pompes et autres machines élévatoires, coûteuses à installer, actionner et entretenir, soit sur les terres de la plaine comprise entre la ville et les marais de Lattes, de Gramenet, la Mosson, etc., soit partie sur ces terres et partie sur la plage et les dunes de Palavas. Et l'emploi de cette eau, en *arrosages bien conduits*, en la désinfectant et la purifiant par le filtrage qu'elle subit à travers le sol, supprime les mauvaises odeurs et tout danger pour la santé des habitants ;

4° L'extension et l'activité données à la culture des terrains arrosés fourniraient du travail et, par suite, des salaires à un plus grand nombre d'ouvriers, etc.

Rendre à l'agriculture cette masse énorme de matières fertilisantes dont elle a, du reste, fourni les principaux éléments ; assurer la salubrité du pays et augmenter sa production et, par suite, sa population, puisque d'après un adage d'économie politique bien connu : «*à côté d'un pain naît un homme*», en utilisant les eaux d'égout par l'application du projet que nous venons de développer ou tout autre reconnu meilleur, est une œuvre d'utilité publique qui s'impose à une époque où l'hygiène générale, les progrès de l'agriculture et l'amélioration du sort des classes travailleuses sont l'objet des préoccupations de tous les amis de l'humanité.

Si en publiant cette note nous avons pu attirer l'attention des propriétaires des terres arrosables et des municipalités de Montpellier, Lattes et Palavas sur cette grande question des eaux d'égout de Montpellier, nous estimerons que nous n'avons pas perdu notre temps, persuadé que nous sommes que la solution de cette question sera rapide dès que des personnes autorisées voudront bien s'en occuper.

MATÉRIAUX

POUR

LA FLORE MYCOLOGIQUE

DES ENVIRONS DE MONTPELLIER

Par G. BOYER et A. de JACZEWSKI

Le travail que nous présentons ici avait tout d'abord pour but de faire la nomenclature exclusive des champignons trouvés pendant la session de la Société botanique de France à Montpellier en 1893. Mais, en compulsant les notes et les divers ouvrages relatifs à la Flore mycologique de Montpellier, il nous a paru intéressant autant qu'utile de condenser les matériaux épars et d'en faire une sorte de Catalogue pouvant servir de base à des recherches nouvelles, en indiquant surtout quelles voies il conviendra de suivre pour combler des lacunes qui sauteront aux yeux de tous ceux qui parcourront ce Catalogue.

Le bel ouvrage de M. de Seynes (*Essai d'une Flore Mycologique de la région de Montpellier et du Gard*), qui nous donne des détails historiques fort intéressants, nous apprend en même temps que la Mycologie est, de toutes les branches de la Botanique, celle qui fut le moins en honneur à Montpellier. La cause de cet abandon doit être sans aucun doute attribuée en grande partie à cette idée préconçue, émise déjà par de Candolle, que la sécheresse du climat occasionnait une grande pauvreté de Cryptogames. L'on verra que tel n'est pas le cas, et que l'on peut trouver des matériaux d'étude fort intéressants.

Nous ne voulons certes pas recommencer l'histoire de la Botanique cryptogamique de Montpellier, ce sujet ayant été traité de main de maître par notre confrère M. de Seynes ; nous dirons seulement que, parmi les botanistes qui se sont occupés des champignons montpelliérains, on rencontre des noms illustres : Boissier de Sauvages, Roubieu, de Candolle, Delile et Dunal ; plus récemment, ce sont MM. de Seynes, J. E. et Louis Planchon, le professeur Flahault et Luigi Celotti.

A Montpellier, comme du reste un peu partout jusqu'à ces derniers temps, on a négligé les *Micromycètes*. Tandis que les *Hyménomycètes* forment déjà un groupe respectable, les Champignons microscopiques, au contraire, sont en minorité et offrent aux mycologues un vaste champ d'exploration. Nous n'en voulons pour preuve que le nombre relativement considérable d'espèces nouvelles recueillies par nous en si peu de temps. Certains groupes : les *Myxomycètes* et les *Phycomycètes* sont à peine représentés ; les *Sphériacées* sont peu nombreuses.

Voici les matériaux qui nous ont servi pour ce Catalogue :

De Seynes. — Essai d'une flore mycologique de la région de Montpellier et du Gard, 1863.

Louis Planchon. — Les Champignons comestibles et vénéneux de la région de Montpellier et des Cévennes, 1883.

De Candolle. — Flore française.

A. Jeanjean. — Les parasites du Mûrier, 1885.

Luigi Celotti. — Miceti del parco e dintorni della Scuola nazionale di Agricoltura di Montpellier, 1887.

P. Viala et C. Sauvageau. — La Brunissure, 1892.

P. Viala. — Les maladies de la Vigne, 3e édit., 1893.

Prillieux et Delacroix. — Rapport sur les maladies du Mûrier (*in* Bulletin du ministère de l'Agriculture), 1893.

Notes manuscrites de M. Roudier et de M. Flahault.

Collection de figures coloriées de Roubieu.

Collection de planches coloriées et de dessins du D[r] Louis Planchon.

Collection de planches de Dunal.

Planches coloriées de Delile.

Vélins de la Faculté des Sciences de Montpellier.

Reproductions en cire par M. Dumas.

Herbier de l'Institut de Botanique de Montpellier.

Herbier Boyer.

Il faut y joindre encore les résultats de nos recherches pendant les courses et excursions de la Société botanique de France lors de sa session à Montpellier.

La plupart des espèces trouvées par M. Flahault ont été examinées par M. Boudier, qui a bien voulu nous autoriser à profiter de ses déterminations.

La classification adoptée est celle de Brefeld.

A. AUTOBASIDIOMYCÈTES.

I. Angiocarpés.

1. Phalloidées.

Clathrus cancellatus L. — Dans les bois, Flaugergues (Dunal), très abondant à Grammont (Flahault, Planchon, Boyer).

Phallus impudicus L. — Vauvert (pasteur Tarrou), pointe Saint-Joseph à Cette (Flahault).

2. Nidulariées.

Crucibulum vulgare Tul. — Sur bois mort à la Pompiniane (Flahault).

Cyathus vernicosus (Bull.) DC. — Montpellier (Dunal).

3. Lycoperdonées.

Lycoperdon Bovista L. — Bois de la Moure (L. Planchon).

L. gemmatum Fl. D. — Bois de la Moure (Dunal).

SCLERODERMA GEASTER Fr. — Bois du mas de Sapte, près Saint-Aunès (Dunal).

S. VERRUCOSUM (Bull.) Pers. — Lavalette (Dunal).

TULOSTOMA BRUMALE Pers. non Quélet. — Mas d'Estor (Dunal).

II. Hémiangiocarpés.

4. AGARICINÉES.

AMANITA CÆSAREA Pers. — Rare aux environs de Montpellier, signalé par Gouan au bois de Grammont et par Delile au bois de la Vauquière ; bois de la Moure, Flaugergues, Mézouls, Doscares (L. Planchon).

A. OVOIDEA Bull. — Dans les bois de Chênes verts, à Fontfroide, Viviers, Méric, clos Martial, Lavalette, Caunelle, mas d'Estor, Grammont.

A. COCCOLA Fr. — A Fontfroide (de Seynes); probablement une simple variété de la précédente.

A. PANTHERINA DC. — Grammont (de Candolle et Delile), bois de Doscares, Mézouls, Flaugergues, Saint-Antoine (L. Planchon).

A. EXCELSA Fr. — Signalé par Dunal, très rare.

A. ECHINOCEPHALA Vittad. — Jacou, Lavalette.

A. LEIOCEPHALA DC. — Variété de l'A. *ovoidea*.

A. RUBESCENS Batsch. — Très rare, signalé par Dunal et Delile ; parc de Grammont (L. Planchon).

A. MUSCARIA L. — Dans la région des Hêtres ; n'existe pas dans les environs immédiats de Montpellier (L. Planchon).

A. ASPERA Fr. — Signalé par Delile.

A VAGINATA Bull. — Bois de Chênes verts ; Boussairolles (Dunal) ; bois de la Moure, de Doscares, de Lavalette (L. Planchon); assez rare.

A. PHALLOIDES var. BULBOSA (Fr.) Bull. — Grammont, bois de la Moure (Delile), Doscares (Dunal, L. Planchon), Fontfroide (de Seynes) ; assez rare.

LEPIOTA PROCERA Gill. — Lavérune (Delile), Doscares (de Seynes, L. Planchon), parc de Grammont (L. Planchon), Boussairolles (de Seynes); assez rare.

L. CLYPEOLARIA Bull. — Bois de Boussairolles, bosquet d'Estor (Dunal), Lattes.

L. EXCORIATA Schæff. — Bois de Boussairolles (Dunal).

L. ERMINEA Fr. — Bois de Grammont, Jardin des Plantes (Delile), Doscares (L. Planchon).

L. CRISTATA Alb. et Schw. — Fabrègues, parmi les Graminées (Dunal).

L. NAUCINA Fr. — Bois de Doscares et bosquet du mas d'Estor (Dunal).

L. MESOMORPHA Bull. — Doscares, Grammont (de Seynes).

ARMILLARIA MELLEA Vahl. — Fréquent partout; Jacou, Grammont, campagne Réné (Voir la brochure de M. J.-E. Planchon sur *La maladie du Châtaignier*).

A. GRISEO-FUSCA DC. — N'est probablement qu'une variété du précédent (de Seynes); fréquent dans les bois.

A. CINGULATA Fr. — Bois de Boussairolles (Dunal).

A. CALIGATA Viv. — Sous les Pins, Jacou (Dunal, Delile et de Seynes), Fontfroide (J.-E. Planchon et L. Planchon).

TRICHOLOMA RUSSULA Schæff. — Grammont (Delile), Bagnols-sur-Cèze (Barrandon).

T. ALBO-BRUNNEUM Pers. — Sous les Chênes, bois de Flaugergues et bosquet du mas d'Estor (Dunal).

T. TERREUM Schæff. — Très fréquent; Méric, château Levat, Jacou, mas d'Estor, Fontfroide, Doscares, Grammont, bois du Saint-Esprit, Flaugergues; campagne Barrandon (Flahault).

T. ALBELLUM Fr. — Bois de Chênes.

T. ALBUM Schæff. — Montpellier (de Seynes).

T. SCALPTURATUM Fr. — Pompiniane (Flahault).

T. NUDUM Bull. — Fréquent sous les Pins, Lavalette, Grammont, Méric, campagne Barrandon (Flahault).

T. FULVELLUM Fr. — (Flahault).

T. IMBRICATUM Pers. — (Flahault).

T. MELALEUCUM Fr. — Jardin des Plantes (Delile), mas de Causse.

T. BREVIPES Bull. — Très fréquent. Jardin des Plantes (Delile), Saint-Aunès sous les Pins d'Alep (de Seynes).

T. HUMILE Pers. — Saint-Aunès (de Seynes).

T. RUTILANS Schæff. — Rare ; bois de la Jasse.

T. FULVUM Retz. — Doscares.

T. POLYPHYLLUM DC. — (Var. du *Tricholoma vaccinum Pers*). — au Jardin des Plantes (de Candolle).

T. CARTILAGINEUM Bull. — Bois de Lavalette (de Seynes).

T. VIRGATUM Fr. — Bois de Pins. Fontfroide (Delile).

T. SULFUREUM Bull. — Mas Rouge, Grammont et bois de la Moure (de Seynes).

CLITOCYBE NEBULARIS Batsch. — Bois de la Moure (L. Planchon).

C. ODORA Bull. — Rare ; bois de Chênes verts (Delile).

C. DEALBATA Sow. — Environs de Montpellier (Delile, de Seynes).

C. INFUNDIBULIFORMIS Schæff. — Très répandu. Doscares (de Seynes). Lavalette (L. Planchon).

C. MAXIMA Fr. — Pompiniane ; campagne Barrandon (Flahault) N'est qu'une variété de l'espèce précédente, qui elle-même semble une variété du *Clitocybe geotropa* Bull.

C. ERICETORUM Bull. — Jardin des Plantes (Flahault).

C. CYATIFORMIS Bull. — Mas d'Estor (Dunal et Delile), bois de Fontfroide (Dunal).

C. FRAGRANS Sow. — Prés, bois, dans la mousse (L. Planchon).

C. LACCATA Scop. — Bois ombragés, Montpellier (Dunal), Doscares (L. Planchon).

C. GIGANTEA Sow. — Grammont (de Seynes); paraît aussi une variété du C. *geotropa* Bull.

COLLYBIA LONGIPES Bull. — Bois de Boussairolles (Dunal), bois de Chênes verts de Vauquières. Grammont, Broussan (de Seynes).

C. FUSIPES Bull. — Bois de Boussairolles (Dunal), sur les Chênes verts (de Seynes).

C. ILICINA DC. — Paraît être une variété du C. *fusipes* d'après de Seynes et d'autres auteurs ; bois de Boussairolles (Dunal).

C. SOCIALIS DC. — Egalement une variété de C. *fusipes*. Bois de la Moure (Delile et Dunal).

C. BUTYRACEA Bull. — Bois de Boussairolles (J.-E. Planchon), vignes de Beauregard, bois de Doscares (de Seynes).

C. CONCOLOR Del. — Jacou et Fontfroide (Delile); très voisin de l'espèce suivante, qui est aussi une variété du C. *fusipes*.

C. ŒDEMATOPA Schæff. — Sous les Pins. Mas d'Estor.

C. VELUTIPES Curt. — Bords du Lez. Jardin des Plantes (Dunal).

C. TUBEROSA Bull. — Lavérune, Jacou ; sur les Agarics en décomposition.

C. DRYOPHILA Bull. — Sur les feuilles mortes ; abondant dans les bois de Pins, bosquet de Villeneuve (Dunal).

C. CRASSIPES Schæff. — Bois de Chênes verts. Grammont, Boussairolles (de Seynes, L. Planchon).

MYCENA PURA Pers. — Commun dans les parcs et les bois de Chênes verts humides. Grammont.

M. STROBILINA Pers. — Cônes pourris de *Pinus halepensis*. Fontfroide (de Seynes).

M. FLAVO-ALBA Fr. — Terrains secs et ensoleillés ; bois clairiérés.

M. LACTEA Pers. — Parcs plantés de Pins ; Méric (de Seynes).

M. GALERICULATA Scop. — Montpellier (Dunal), pont de Lavérune, sur les troncs de Châtaigniers.

M. POLYGRAMMA Bull. — Bois de Pérols.

M. FILOPES Bull. — Grammont (Delile, Touchy).

M. HIEMALIS Osbeck. — Écorce de vieux arbres : sur les Marronniers du Jardin des Plantes.

OMPHALIA EPICHYSIUM Pers. — Sur vieux troncs pourris.

O. SCYPHIFORMIS Fr. — Bois de Grammont dans la mousse (de Seynes).

O. HYDROGRAMMA Fr. — Montpellier (Dunal).

PLEUROTUS ERYNGII DC. — Bord des chemins, garigues, champs en friches, rare aux environs de Montpellier, très fréquent près de Nimes.

P. OSTREATUS Jacq. — Sur les troncs d'arbres. Lattes (de Seynes). Caunelle (L. Planchon).

P. CONVIVARUM Dunal. — Probablement une variété tératologique du précédent. Sur le tan.

P. GLANDULOSUS Bull. — Variété ou espèce très voisine du *P. ostreatus* : Port Juvénal (Touchy), sur un Frêne au Jardin des Plantes (Flahault).

P. APPLICATUS Batsch. — Sur le bois mort, Lattes (Delile), campagne René (Touchy).

P. OLEARIUS Fr. — Très commun sur l'Olivier, le Chêne vert, le Pin d'Alep, le Lilas, le Coudrier, etc... Campagne Barrandon (Flahault).

VOLVARIA BOMBYCINA Schæff. — Sur les troncs pourris. Fabrègues, Verchant (L. Planchon).

V. MEDIA Fr. — Fabrègues (Dunal).

V. GLOIOCEPHALA DC. — Méric, clos Martial (L. Planchon) ; la Plauchude, château Levat, Montauberou, la Pompiniane et campagne Barrandon (Flahault). Prés, champs, luzernes; fréquent.

ANNULARIA LEVIS Krombh. — Dans les vignes. Grammont, Castelnau (Delile).

HYPORHODIUS PYXIDATUS Bull. — Chênes verts. Grammont, Broussan (de Seynes).

H. MAMMOSUS L. — Gazons, dans les bois (de Seynes).

H. PLEOPODIUS Bull. — Bois de Vauquières (Delile).

H. MURINUS Laur. — Bois de Lavérune (Delile).

H. GLAUCUS Bull. — Grammont (de Seynes).

RHODOSPORUS CHRYSOPHÆUS (Schæff.) Schröter. — Grammont.

R. ROSEO-ALBUS (Fr.) Schröter. — Jacou (de Seynes).

R. ARVINUS (Schæff.) Schröter. — Commun sur le sol ou sur les arbres (de Seynes, L. Planchon).

ECCILIA POLITA Pers.—La Colombière (Flahault); endroits humides.

PHOLIOTA CYLINDRACEA DC. – Troncs de Saules, de Platanes, de Peupliers, au bord des rivières. Parc de la Plauchude (L. Planchon).

PH. CYLINDRACEA DC. var. ATTENUATA.—Sur troncs des Marronniers d'Inde du Jardin des Plantes de Montpellier (Dunal).

PH. PRÆCOX Pers. — Forêts de Pins. Parcs.

PH. AUREA Mattusch. — Bois de Pérols et de la Banquière.

INOCYBE LANUGINOSA Bull. — Bois de Doscares.

IN. RIMOSA Bull. — Fréquent, bois de Pins et Parcs ; Lavalette, château Levat (L. Planchon).

HEBELOMA CRUSTULINIFORME Bull. — Sous les Pins et les Chênes, Pins de la plantade de Coulondres (Dunal), Fontfroide, Jacou (de Seynes), Fontfroide, Colombière, Doscares (L. Planchon).

FLAMMULA FLAVIDA Schæff.—Port Juvénal (Delile), troncs de Pins.

NAUCORIA MELINOIDES Fr. — Dans les prés (de Seynes).

N. PEDIADES Fr. — Très commun au bord des chemins.

N. FURFURACEA Pers. (*Tubaria furfuracea* Pers.). — La Colombière (Flahault).

GALERA TENERA Schæff. — Font-couverte (Dunal), au bord des chemins, prés (de Seynes).

CREPIDOTUS PALMATUS Bull. (*Pleurotus palmatus* Bull.). — Lattes (Dunal).

C. TRANSLUCENS DC. — Bords du Lez, Lattes, Bione, bords de la Mosson.

C. VARIABILIS Pers. (*Claudopus variabilis*). — Très commun sur les branches mortes tombées à terre.

PSALLIOTA CAMPESTRIS L. — Partout, Jardin des Plantes (Flahault).

STROPHARIA CORONILLA Bull. — Gazons, fréquent.

ST. OBTURATA Fr. — Fréquent dans les prés, Jardin des Plantes (de Seynes).

ST. MERDARIA Fr. — Fiente d'animaux (Dunal).

St. semiglobata Batsch. — Bosquet de Villeneuve, Fabrègues (Dunal).

Hypholoma sublateritium Schæff. — Sur les troncs; Grammont, Doscares, Fontfroide, Lavérune, Boussairolles.

Hy. fasciculare Huds. — Sur les souches de Chênes verts (L. Planchon).

Hy. Candolleanum Fr. — Sur le bois pourri, le sol humide, au bord des ruisseaux; fréquent (de Seynes).

Hy. hydrophilum (Bull.) Fr. — Jardin des Plantes de Montpellier (Dunal).

Hy. appendiculatum Bull. — Bois pourri, serres du Jardin des Plantes (Delile et de Seynes), parc clos Martial (L. Planchon).

Psilocybe coprophila Bull. — Sur le fumier, mas Rouge, Boussairolles (de Seynes).

Ps. bullacea Bull. — Méric, sur crottin de cheval (de Seynes).

Ps. ammophila Dur. et Lév. — Sables maritimes (Delille, de Seynes).

Panæolus fimiputris Bull. — Mas d'Estor, sur fiente d'animaux.

P. papilionaceus Fr. — Fréquent sur les fientes, les terrains gras.

Psathyrella gracilis Fr. — Bords du Lez, jardins, haies, endroits humides.

Ps. disseminata Pers. — Sur tronc pourri de Saules à Lattes (Dunal), sur le limon, sous les Saules.

Ps. sulcata Dun. — Bois de Pins (Dunal, de Seynes).

Coprinus comatus Fl. Dan. — Un peu partout dans les endroits humides, la Pompiniane (Flahault).

C. atramentarius Bull. — Très fréquent, Lattes et parc de Lavérune (Dunal), Jardin des Plantes (de Seynes), bords du Lez (L. Planchon),

C. fimetarius L. — Sur le fumier, Montpellier à la Font-Putanelle, (Dunal).

C. TOMENTOSUS Bull.— D'après M. de Seynes, c'est une variété du précédent.

C. MICACEUS Fr. — Partout (L. Planchon).

C. EPHEMERUS Bull. — Sur les tas de fumier, dans les champs, les jardins.

C. RADIATUS Bolt. — Fontaine Jacques-Cœur (Dunal).

C. DOMESTICUS Pers. — Fontfroide (de Seynes).

C. PLICATILIS Fr. — Bois, feuilles pourries, partout.

C. GOSSYPINUS Bull. — (Touchy).

BOLBITIUS BOLTONII Pers. — Jardin des Plantes (de Seynes), sur la terre fumée.

MONTAGNITES CANDOLLEI Fr. — Palavas, Maguelone (Dunal, Delile, Touchy, Flahault, L. Planchon, Orzeszko, Jacz). Embouchure de l'Hérault (de Seynes). Il a été découvert pour la première fois, selon de Seynes, par Draparnaud à l'embouchure du Lez.

CORTINARIUS TURBINATUS Bull.— Bois ombragés, Doscares, Fontfroide (de Seynes), Flaugergues, La Moure (L. Planchon).

C. INFRACTUS Fr. — Bosquet du mas Rouge (Dunal).

C. COLLINITUS Sow. Var. MUCOSUS Pers. — Très répandu dans les bois de Chênes verts (Dunal, de Seynes, L. Planchon).

C. VIOLACEUS L. — Bois de Chênes verts (de Seynes), Doscares (L. Planchon).

C. BULLIARDI Pers. — Bois de la Vauquière (Delile, de Seynes).

C. CINNAMOMEUS L. — Bois ; fréquent (de Seynes).

C. ILIOPODIUS Fr. — Bois de la Vauquière (Dunal).

C. CASTANEUS Bull. — Doscares, Boussairolles (de Seynes, L. Planchon).

C. SUBFERRUGINEUS Batsch. — Lavalette (Dunal).

PAXILLUS INVOLUTUS Batsch. — Très abondant dans les bois ; bois de Doscares (Dunal), campagne René (de Seynes).

P. PANUOIDES Fr. — Sur les troncs de Pins, très fréquent ; Fontfroide (de Seynes, L. Planchon) ; Pins Pignons du bord de la mer (de Seynes), Jacou (de Seynes), Méric (de Seynes, L. Planchon), Lavalette (L. Planchon).

HYGROPHORUS CERACEUS Fr. — Fontfroide (de Seynes).

H. DENTATUS L. — Dans les prés, partout.

H. EBURNEUS (Bull.) Fr. — Bosquet de Villeneuve (Dunal).

H. CONICUS (Scop.) Fr. — Jacou (Dunal).

H. MURINACEUS Bull. — Doscares (de Seynes).

H. JOZZOLUS Scop. — Endroits humides, Boussairolles (Delile), Colombière (J.-E. Planchon), Grammon , Jacou (de Seynes).

H. PRATENSIS Pers. — Lavalette (J.-E. Planchon), bois de la Vauquière (Delile).

H. VIRGINEUS Wulf. — Clos Martial (Dunal), bois de Grammont, Lavalette (de Seynes), Lavalette (J.-E. Planchon), Doscares (L. Planchon).

LACTARIUS TORMINOSUS Schæff. — Bois de la Jasse (de Seynes).

L. INSULSUS Fr. — Murviel, Fontvalès, Flaugergues, parc de Lavérune (L. Planchon).

L. ZONARIUS Bull. — Très fréquent dans les prés, au bord des chemins, dans la zone des Châtaigniers, Lavérune (L. Planchon).

L. PIPERATUS Scop. — Très répandu, parc de Grammont (de Seynes), dans les garigues (L. Planchon).

L. DELICIOSUS L. — Abondant ; Saint-Aunès, Jacou (de Seynes), Fontfroide (Dunal, de Seynes et L. Planchon), Mézouls, mas du Ministre (L. Planchon).

L. THEJOGALUS Bull. — Grammont, Doscares (de Seynes, L. Planchon), Jacou, Broussan (de Seynes), Mézouls (L. Planchon).

L. FULIGINOSUS Fr. (*L. azonites* Bull.). — Bois de Boussairolles (Dunal), bois de la Moure (L. Planchon).

L. VOLEMUS Fr. — Doscares (L. Planchon).

L. SERIFLUUS DC. — Commun dans les bois et les garigues (de Candolle), bois de Pérols, Pailletrisse, Grammont (de Seynes), Doscares, bois de Fontvalès (L. Planchon).

L. RUBER Pers. — Grammont (Delile).

Russula nigricans Bull. — Doscares (L. Planchon).

R. adusta Pers. — Doscares (L. Planchon).

R. furcata Fr. — Bois.

R. lactea Pers. — La Piscine, Grammont, Doscares (de Seynes).

R. foetens Pers. — Fréquent dans les bois de Chênes.

R. emetica Fr. — La Salle, bois de Malerargues (de Seynes).

R. alutacea Pers. — Très fréquent.

R. bifida Bull. — Grammont, Vauquières (Delile, de Seynes).

R. vaternosa Fr. — Grammont (de Seynes).

R. pectinata Fr. — Grammont, Fontfroide, Boussairolles (Delile, de Seynes).

R. aurata Fr. — Vauquière (Delile).

Cantharellus cibarius Fr. — Lavalette (L. Planchon).

C. muscigenus (Bull.) Fr. — Bois de Doscares (J.-E. Planchon).

Marasmius oreades Bolt. — Rare ; Grammont (de Seynes).

M. amadelphus Bull. — (Delile, de Seynes).

M. androsaceus L. — Fréquent dans les parcs, les bois, parmi les feuilles mortes d'Olivier, var. *hygrometricus Briganti*, sur feuilles pourrissantes d'Olivier (Celotti).

M. Ludovicianus. J.-E. Planchon. — Lavalette (J.-E. et L. Planchon).

M. Rotula (Scop.) Fr. — Grammont (Dunal).

Lentinus tigrinus Bull. — Fréquent sur les vieilles souches, Lattes (de Seynes).

L. Dunalii DC. — Probablement une variété du précédent, d'après de Seynes, qui l'a recueilli au Pré Maurin.

Panus stipticus Bull. — Sur *Pinus halepensis* à Fontfroide (Touchy).

Lenzites Pinastri Kalchbr. — Jardin des Plantes (Flahault).

Schizophyllum commune Fr. — Lavalette, Fontfroide (Flahault), Montpellier (Celotti), Grammont (Jacz).

5. Polyporées.

Boletus Boudieri Quélet. — Espèce tout à fait méridionale trouvée pour la première fois en 1878 à Menton par M. Boudier. La Plantade (Dunal), La Pompiniane (Flahault).

B. granulatus L. — Partout sous les Pins (L. Planchon).

B. subtomentosus L. — Un peu partout dans les bois de Chênes verts.

B. chrysenteron Fr. (Var. du *B. subtomentosus*). — Jardin des Plantes de Montpellier (Dunal).

B. regius Krombholtz. — Environs de Montpellier.

B. edulis Bull. — Castelnau (Dunal), La Moure, Doscares, bois de Saint-Esprit (L. Planchon) ; rare.

B. æreus Bull. — Dans les bois.

B. Satanas Lenz. — Sous les Chênes verts (L. Planchon) ; rare.

B. luridus Schæff. — Bois de Saint-Antoine (L. Planchon) ; commun.

B. versipellis Fr. — Dans les bruyères.

B. cyanescens Bull. — Dans les bois.

B. castaneus Bull. — Lavalette (L. Planchon), Doscares, Saint-Esprit.

Fistulina hepatica Fr. — Troncs de Chênes et de Châtaigniers, bois de Doscares (Dunal), Doscares, Fleury (L. Planchon).

Polyporus lucidus Leys. — Vieux Chênes, bois de la Moure, Grammont, Doscares (L. Planchon).

P. imbricatus Bull. — Environs du bois de Fontfroide (Flahault).

P. fomentarius L. — Sur les vieux troncs des Frênes, Saules, Hêtres, Bouleaux, Pommiers.

P. ignarius L. — Troncs d'arbres, Chênes; partout.

P. fulvus Scop. — Environs du bois de Fontfroide (Flahault).

P. versicolor L. — Lavalette sur un arbre mort (Flahault), environs de Montpellier sur vieilles souches de Frêne (Boyer).

P. leucomelas Fr. — Mas d'Estor (Dunal).

Trametes Pini Fr. — Sur Pin d'Alep, bois de Fontfroide (Flahault).

6. Hydnées.

Hydnum imbricatum L. — Dans les bois de Pins et de Sapins, commun ; bois de la Moure (L. Planchon).

Hydnum... — Espèce ou variété « voisine de *H. repandum*, mais distincte par ses aiguillons jaunissant, son état cespiteux, ses spores plus petites », M. Boudier ; bois de Lavalette (Flahault).

Hy. repandum L. — Dans les bois (L. Planchon).

Hy. squamosum Schæff. — Bosquet du mas d'Estor (Dunal).

Hy. nigrum Fr. — Bois de Fontfroide (Dunal).

Hy. ferrugineum Fr. — (Dunal, Flahault).

7. Théléphorées.

Craterellus cornucopioides Pers. — Doscares (L. Planchon).

Stereum purpureum Pers. — Tronc de Peupliers (Flahault).

S. hirsutum Willd. — Lavalette, sur un arbre mort, campagne Barrandon (Flahault); Montpellier, sur les troncs de Cornouiller sanguin (Celotti).

Corticium calceum Pers. — Sur bois mort, Montarnaud (Jacz).

Cyphella fulva Berk. — Etat stérile se rapprochant du *C. digitalis Fr.*, mais moins nettement pédiculé (M. Boudier), Lavalette, sur bois mort (Flahault).

C. albo-violascens Alb. et Schw. — Sur sarments secs de vigne, Montpellier (Celotti).

III. Gymnocarpés.

8. Clavariées.

Clavaria flava Schæff. — Dans la mousse des bois (L. Planchon).

C. Botrytis Schæff. — Bruyères, bois, dans les feuilles (L. Planchon).

C. GRISEA Pers. — Bois de Châteaubon, Bione (L. Planchon).

C. CRISTATA Pers. — Bois de Boussairolles (Dunal).

C. PISTILLARIS L. — Bois de Pailletrisse et Sorriech (Dunal).

B. PROTOBASIDIOMYCÈTES.

Gymnocarpés.

9. TRÉMELLINÉES.

TREMELLA MESENTERICA Retz. — Commun sur le vieux bois, les troncs, les planches pourries (L. Planchon).

HIRNEOLA AURICULA-JUDÆ Fr. — Jardin des Plantes de Montpellier (Dunal).

10. AURICULARIÉES.

AURICULARIA MESENTERICA Pers. — Jardin des Plantes de Montpellier (Flahault).

11. URÉDINÉES.

UROMYCES SCUTELLATUS Schr. — sur *Euphorbia nicæensis* et *E. serrata* (Boyer), sur *Euphorbia nicæensis* au pic Saint-Loup (Jacz), à Maguelone (Orzeszko), sur *Euphorbia serrata* à la Colombière (Jacz).

U. PRÆMINENS DC. — sur *Euphorbia Chamæsyce* (Boyer).

U. RUMICIS Schum. — Sur *Rumex crispus* (Boyer), *Rumex pulcher*, Grammont (Boyer et Jacz).

U. TEREBINTHI DC. — Sur *Pistacia* (Boyer), Montarnaud II (Jacz).

U. OROBI Pers. — Sur *Vicia sativa*, *Ervum Lens*, *Faba vulgaris* (Boyer), Montpellier, jardins (Jacz, Celotti).

U. PHASEOLI Pers. — Sur *Phaseolus vulgaris* (Boyer).

U. PISI Pers. — Sur *Trigonella*, *Pisum sativum*, *Lathyrus sativus* (Boyer).

U. Trifolii Alb. et Schw. — Sur *Trifolium fragiferum, repens* (Boyer).

U. Genistæ-tinctoriæ Pers. — Sur *Onobrychis* (Boyer).

U. Limonii DC. — Sur *Statice Limonium* et *bellidifolia* (Boyer), Palavas (Jacz.).

U. Betæ Pers. — Sur *Beta vulgaris* (Boyer).

U. Helichrysi Lagerheim. — Sur *Helichrysum Stœchas*, Saint-Chinian (Lagerheim).

U. Suædæ Jacz.—(in *Bulletin Société mycologique de France*, 1893, 1er fascicule.) Espèce trouvée en Algérie en 1892. Les téleutospores dans nos échantillons ont jusqu'à 30/25 μ. Sur *Suæda maritima* à Maguelone (Boyer).

U. Scillarum DC. — Sur *Muscari comosum*, Saint-Martin-de-Londres (Jacz.).

U Poæ Rbh. — Sur *Poa nemoralis*, Montarnaud (Jacz.).

U. Behenis Unger. — Œcidiums par petits groupes arrondis à la face inférieure de la feuille ne provoquant pas de déformation, d'une belle couleur orange. Pseudoperidium cylindrique à bords festonnés ; æcidiospores, orangées, polygonales de 17,5 μ. Téleutospores formant sur la tige des masses linéaires violettes qui percent l'épiderme. Chlamydospores brunes, lisses, granuleuses à l'intérieur, épaissies au sommet, sur un long pédicelle hyalin ; de 30/25 μ. Sur *Silene inflata*, Saint-Martin-de-Londres (Jacz.).

U. Ciceris-arietini (Grogn.) Jacz. — Grognon décrit comme suit un *Uredo* sur le *Cicer arietinum*. Pustulis brunneolis, subvirescentibus, subnitentibus, uredosporis.... Nos échantillons présentent des téleutospores ovoïdes à pied hyalin court, avec épaississement au sommet, lisses, brunes et mesurent 25/20 μ. Montpellier, sur *Cicer arietinum* (Boyer).

Puccinia Aristolochiæ DC. — Sur *Aristolochia rotunda* et *longa* (Boyer) Saint-Martin-de-Londres (Jacz).

P. Pruni-spinosæ Pers. — Sur *Amygdalus communis*, *Prunus* (Boyer).

P. Rubigo-vera Pers. — Sur *Avena barbata, Bromus sterilis, B. maximus, B. mollis, B. commutatus, B. madritensis, Melica Magnolii, Holcus lanatus, Lolium strictum, Poa nemoralis* (Boyer).

P. Anthoxanthi Fuck. — Sur *Anthoxantum odoratum* (Boyer).

P. Cesatii Schröt. — Sur *Andropogon Ischæmum,* bords de la Mosson (Boyer).

P. Phragmitis Schum. — Sur *Phagmites* (Boyer).

P. coronata Cda. — *I.* Sur *Rhamnus cathartica*, Saint-Martin-de-Londres (Jacz) ; sur *Rhamnus,* Montpellier (Celotti).

P. Asparagi DC. — Sur *Asparagus officinalis* (Boyer).

P. Pimpinellæ Strauss. — Sur *Pimpinella Anisum* (Boyer).

P. silvatica Schöt. — Sur *Taraxacum officinale*, Montpellier (Celotti).

P. suaveolens Pers. — Sur *Cirsium arvense* (Boyer).

P. flcsculosorum Alb. et Schw. — Sur *Hieracium*, *Picdris stricta*, *Centaurea paniculata* (Boyer) ; sur *Centaurea Calcitrapa*, *Taraxacum*, Grammont, Saint-Martin-de-Londres (Jacz); sur *Cirsium* et *Carduus* (Celotti).

P. Silenes Schröt. — Sur *Silene inflata* (Boyer), *Silene italica* Saint-Martin-de-Londres (Jacz).

P. Caricis Schum. — Sur *Carex* sp. (Boyer).

P. Gladioli Cast. — Sur *Gladiolus communis* (Boyer) Saint-Martin-de-Londres.

P. Vincæ DC. — Sur *Vinca minor* (Boyer), *Vinca major*, Montpellier (Celotti).

P. Flahaulti Lager. — Sur *Epilobium roseum* (Lagerheim).

P. Acetosæ Schum. — Sur *Rumex* (Boyer).

P. bullata Pers. — Sur *Silaus pratensis*, parc de Caunelle (Boyer).

P. Polygoni Alb. et Schw. — Sur *Polygonum aviculare*, *Convolvulus* (Boyer).

P. MENTHÆ Pers. — Sur *Calamintha Nepeta*, *Mentha piperita* (Boyer).

P. ARENARIÆ Schum. — Sur *Lychnis dioica* (Jacz), *Arenaria trinervia*, *A. serpyllifolia* (Boyer).

P. CONVOLVULI Pers. — Sur *Convolvulus arvensis*, chemin de Montarnaud (Jacz).

P. GALII Lk — Sur *Asperula galioides*, *Galium erectum* (Boyer).

P. CRUCIANELLÆ Desmaz. — Sur *Crucianella maritima* (Boyer).

P. TRAGOPOGONIS Pers. — Sur *Podospermum laciniatum* (Boyer).

P. PORRI Sow. — Sur *Allium roseum* (Boyer).

P. JASMINI DC. — Sur *Jasminum fruticans* (Boyer, Celotti).

P. MALVACEARUM Mont. — Partout sur les Mauves (Jacz.), Montpellier (Celotti).

P. BUXI DC. — Sur *Buxus sempervirens*, Saint-Martin-de-Londres (Jacz), Montpellier (Celotti).

P. GRAMINIS Pers. — Sur Graminées. Montarnaud (Jacz), Sur *Holcus*, Montpellier (Jacz); sur *Berberis vulgaris*, *Hordeum murinum* et *Lolium perenne*, Montpellier (Celotti).

TRIPHRAGMIUM ULMARIÆ Schum. — Sur *Spiræa Ulmaria*, Saint-Martin-de-Londres (Jacz).

PHRAGMIDIUM FRAGARIÆ DC. — Sur *Potentilla* (Boyer).

PH. SUBCORTICIUM Schrank. — Sur *Rosa* (Boyer). Rosiers cultivés (Celotti).

PH. VIOLACEUM Schultz. — Sur *Rubus cæsius*, I, II, III. Grammont (Boyer et Jacz).

PH. RUBI (Pers.) Wint. — Sur *Rubus fruticosus*, Montpellier (Celotti).

GYMNOSPORANGIUM CLAVARIÆFORME (Jacq.) Rees.

I. Sur *Cratægus*, Grammont (Boyer et Jacz.) ; sur *Cratægus oxyacantha* et *C. Azarolus*, Montpellier (Celotti).

III. Sur *Juniperus communis*, Montarnaud et Saint-Martin-de-Londres (Jacz).

CRONARTIUM ASCLEPIADEUM Willd. — Sur *Cynanchum Vincetoxicum* (Boyer).

MELAMPSORA SALICIS-CAPREÆ Pers. (Boyer).

M. VITELLINÆ DC. — Sur *Salix fragilis* (Boyer).

M. LINI Pers. — Sur *Linum strictum* (Boyer).

M. POPULINA Jacq. — *Populus nigra* (Boyer).

M. HELIOSCOPIÆ Pers. — Sur *Euphorbia exigua* (Boyer), *E. nicæensis*, Montarnaud, *E. helioscopia*, la Pompiniane (Jacz), *E. helioscopia*, Montpellier (Celotti).

COLEOSPORIUM SONCHI-ARVENSIS Pers. — Sur *Tussilago Farfara, Sonchus arvensis*, Saint-Martin-de-Londres (Jacz).

C. SENECIONIS Pers. — Sur *Senecio viscosus* (Boyer).

C. EUPHRASIÆ Schum. — Sur *Melampyrum pratense* et *arvense, Euphrasia lutea* (Boyer).

ENDOPHYLLUM SEDI DC. — Sur *Sedum nicæense* (Boyer).

E. SEMPERVIVI Alb. et Schw. — Montpellier, sur *Sempervivum tectorum* (Jacz).

UREDO PHILLYREÆ Cooke. — Sur *Phillyrea angustifolia* (Boyer).

ŒCIDIUM PUNCTATUM Pers. — Sur *Anemone coronaria* (Boyer).

Œ. PLANTAGINIS Ces. — Sur *Plantago lanceolata*, Grammont (Boyer et Jacz).

Œ. CLEMATIDIS DC. — Sur *Clematis Vitalba*, Saint-Martin-de-Londres (Daveau, Jacz).

Œ. PENICILLATUM (Müller) A et S. — Sur *Pirus*, Montpellier (Celotti).

Œ. UMBELLIFERARUM nov. form. — Œcidiums par petits groupes sur des taches jaunes, oblongues ; pseudoperidium à cellules oblongues, hyalines, ponctuées, sans épaississements, déchiquetées au sommet. Spores finement verruqueuses, jaune orange, presque globuleuses, à membrane épaisse, 22,5/25-27,5 μ de diamètre. Sur les feuilles et pétioles d'*Anethum Fœniculum*. Grammont (Boyer, Jacz.)

Œ. Solms-Laubachii nov. sp. — Œcidiums en groupes sur des protubérances oblongues d'un jaune pâle. Pseudoperidium cylindrique, fortement développé, hyalin, déchiqueté au sommet. Chlamydospores d'un jaune pâle, polygonales, fortement verruqueuses, de 22,5/17,5 μ. Saint-Martin-de-Londres sur *Adonis æstivalis*, trouvé par le comte de Solms Laubach.

Œ. Heliotropii nov. sp. — Taches d'un jaune pâle, œcidiums en groupes irréguliers ; pseudoperidium cylindrique, blanc, à cellules ponctuées et à membranes peu épaisses ; spores orangées, granuleuses de 27,5/22,5 μ sur *Heliotropium europæum* à Montpellier (Boyer).

Œ. Chenopodii-fruticosi DC. — Bord du canal du Lez à Maguelone (Dunal).

C. HÉMIBASIDÉS.

12. Ustilaginées.

Ustilago segetum Bull. — Sur *Triticum vulgare*, Montpellier (Celotti) *Dactylon officinale* à l'Estelle (Boyer) ; variété à spores lisses, Grammont (Jacz.).

U. Ischæmi Fuck. — Sur *Andropogon Ischæmum*, bords de la Mosson (Boyer).

U. Panici-miliacei Pers. — Sur *Panicum miliaceum* à la Colombière (E. Durand).

U. bromivora F. de Wald. — Sur *Bromus sterilis* (Boyer).

13. Tillétiées.

Tilletia Caries Tul. — Sur *Triticum* (Boyer).

T. Rauwenhoffii F. W. — Sur *Holcus mollis* (Boyer).

Schroeteria Decaisneana Boud. — Sur funicules de *Veronica hederæfolia* (Boyer).

Sorosporium Flahaulti nov. sp. — Bulles de 35 μ de diamètre,

brunes plus ou moins globuleuses, spores brunes, verruqueuses, presque opaques, de 12 μ de diamètre. Sur *Carex olbiensis*, bois de Montarnaud (Flahault).

TUBERCULINA PERSICINA Dit. — Sur *Puccinia Convolvuli* (Boyer).

D. ASCOMYCÈTES.

a). Carpoasci

14. TUBÉRACÉES.

TUBER MELANOSPORUM Wittad. — Garigues de Villeveyrac (Boyer).

T. ÆSTIVUM Wittad. — Garigues de Villeveyrac ; commun.

15. DISCOMYCÈTES.

MORCHELLA CONICA PERS.— Serre de l'Ecole de Pharmacie, Montpellier (J.-E. Planchon).

ACETABULA LEUCOMELAS Pers.—Pic Saint-Loup, sur le versant nord à 340 mèt. d'altitude (Flahault).

ACET. VULGARIS Fuck.— Banyuls, bois de Chênes lièges (Flahault).

ALEURIA Sp. — Cette espèce, à cause de son état avancé de décomposition, n'a pu être déterminée par M. Boudier.

GALACTINIA COCHLEATA L.—Bois de Flaugergues (Dunal, Flahault).

PEZIZA ARENOSA Cooke. — La Pompiniane (Flahault).

P. CORONATA Jacq. — Bords du Lez (Flahault).

P. ALBO-VIOLASCENS Alb. et Schw.—Sur branches de Lilas, Montpellier (J.-E. Planchon).

P. CEREA Sow. — Serre de l'Ecole de Pharmacie de Montpellier (J.-É. Planchon). Jardin des Plantes de Montpellier (Dunal).

P. PUNCTIFORMIS Pat. — Sur feuilles de *Quercus*, mare de Grammont (Jacz.).

BARLÆA PLANCHONIS (Dun) Boudier.—Jardin des Plantes de Montpellier (Dunal).

SARCOSCYPHA COCCINEA Jacq. — Bosquet de Caunelle (Dunal).

MACROPODIA MACROPUS (Pers.) Fuck.—Sur tronc de Hêtre à Grammont (Dunal).

HUMARIA CYNOCOPRA Dun. — Sur excréments secs de chien. Lattes (J.-E. Planchon).

LACHNEA HEMISPHÆRICA Wigg. — Bois de Boussairolles, sur la mousse (Dunal).

HELOTIUM FRUCTIGENUM Bull. — Sur glands de Chêne, Jardin des Plantes de Montpellier (J.-E. Planchon).

MOLLISIA ATRATA Pers. — Sur tige desséchée, Montpellier (Dunal).

DASYSCYPHA VIRGINEA Batsch. — Jardin des Plantes de Montpellier (J.-E. Planchon).

ASCOBOLUS FURFURACEUS Pers. — Sur bouse de vache, à Lattes (J.-E. Planchon).

LECANIDION ATRATUM (Hedw) Rabh. — Sur Thuya à Montpellier (Celotti).

CYPHELIUM OCHREATUM (De Not.) Mass. — Sur Olivier. Montpellier (Celotti).

16. HYSTÉRINÉES.

LOPHODERMIUM ARUNDINACEUM Schrad. — Sur *Festuca duriuscula*, Grammont, *Triticum campestre*, Montarnaud (Jacz.)

GLONIOPSIS AUSTRALIS (Duby) Sacc. — Sur tronc d'Olivier, Montpellier (Celotti).

HYSTEROGRAPHIUM FRAXINI (Pers) De Not. — Sur les rameaux de *Fraxinus*, *Syringa Saugeana* et *Phillyrea angustifolia*, Montpellier (Celotti).

H. ANONÆ Celotti. — Sur les rameaux de *Anona triloba*, à Montpellier.

HYSTERIUM PULICARE Pers. — Sur rameaux d'Olivier, Montpellier (Celotti).

H. VULGARE De Not. — Sur l'écorce du Marronnier d'Inde, Montpellier (Celotti).

H. RHOIS Schw. — Sur *Rhus typhina*, Montpellier (Celotti).

17. Pyrénomycètes.

Diatrypella quercina Pers. — Sur *Quercus Robur* var. *pubescens*, Grammont (Jacz.).

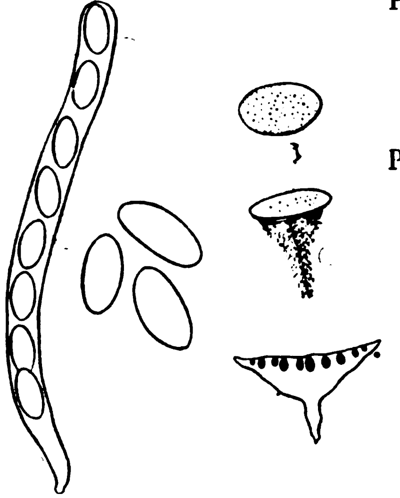


Fig. 1. — *Poronia punctata* L.

Poronia punctata L. — Près de la Gaillarde (Dunal), Pic Saint-Loup, sur fumier de cheval (Cabanès) fig. 1.

Pleospora herbarum Pers. — Sur *Cynanchum monspeliacum*, *Sedum*, *Bupleurum rigidum*, à Montarnaud, *Plantago Cynops* à la Pompiniane, *Verbascum*, au Pic Saint-Loup, *Amarantus albus* à Grammont (Jacz.), sur *Passerina Thymelæa* à Montarnaud (Boyer et Jacz.), sur *Verbascum phlomoides*, *Calycanthus occidentalis*, *Colutea arborescens*, *Akebia quinata*, *Hedera Helix*, *Styrax officinalis*, *Deutzia gracilis*, *Quercus pedunculata*, *Carpinus Ostrya*, *Humulus*, *Euphorbia*, *Passiflora cærulea*, *Platanus*, *Citrus triptera* à Montpellier (Celotti). Form. microspora Sacc. — Sur tiges mortes de *Fœniculum* (Celotti).

Pl. vulgaris Niessl. — Sur tiges mortes de *Dianthus* (Celotti), sur gousses et rameaux de *Spartium junceum* à Grammont (Boyer et Jacz.).

Pl. media Niessl. — Sur tiges mortes de *Dianthus*, Montpellier (Celotti).

Pl. Robertiani nov. sp. — Périthèces infères, émergeant par les déchirures de l'épiderme, globuleux, garnis à la base de poils cutinisés, à ostiolum en papille, garni de soies

courtes, épaisses; asques en massue de 100-125/27,5-30 μ, entourés de paraphyses longs, peu nombreux; spores (par 8) d'un beau jaune, transparentes, mûriformes, à 7-8 cloisons transversales et à 3 cloisons longitudinales, de 35/14 μ.

Cette espèce, que nous nommons en l'honneur du professeur Robert Chodat, de Genève, diffère notablement du Pl. *Gilletiana Sacc.*, dont elle se rapproche cependant par les périthèces. Sur les rameaux desséchés du *Genista Scorpius*, en compagnie d'un *Pestalozzia* (voir plus bas), Montarnaud (Jacz.) fig. 2.

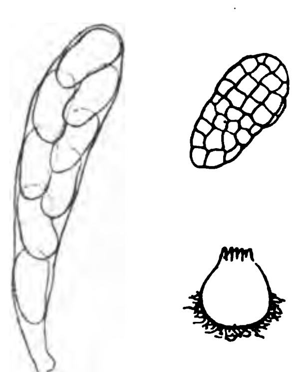


Fig. 2. — *Pleospora Robertiani* nov. sp.

Pl. discors Mont. — Sur *Scirpus maritimus*, la Pompiniane (Jacz.) fig. 3.

Ce n'est guère qu'à cette espèce qu'on peut rapporter cette belle forme à spores 6-7 septées, entourées d'une enveloppe hyaline mucilagineuse. Les asques ont de 125/27,5 μ. Spores d'un jaune de miel, transparentes de 35/15 μ.

Pl. leguminum (Wallr). Rabenh. — Sur les gousses du *Cytisus Laburnum*, Montpellier (Celotti).

Pl. orbicularis Auersw. — Sur les rameaux morts du *Berberis purpurea* et *B. Hookeri* (Celotti).

Pl. Cytisi Fuck. — Sur les rameaux secs du *Cytisus Laburnum* (Celotti).

Fig. 3. — *Pleospora discors* Mont.

Pl. globularioides (Crouan) Sacc.— Sur feuilles d'*Abies* (Celotti).

Pl. Chamæropsis (Dur. et Mont). Sacc.— Sur les feuilles et les spathes du *Chamærops excelsa* à Montpellier (Celotti).

PL. OLIGOMERA Sacc. et Speg. — Sur tiges sèches de *Parietaria officinalis* (Celotti).

PL. PLATYSPORA Sacc. — Sur tiges sèches d'Euphorbe, Montpellier (Celotti).

PYRENOPHORA FOEXIANA Celotti. — Sur rameaux de *Atraphaxis spinosa* à Montpellier.

TEICHOSPORA OLEICOLA Pass. et Beltr. — Sur rameaux secs d'Olivier (Celotti).

T. SARMENTICIA Sacc. et Speg. — Sur les rameaux de *Tamarix anglica* à Montpellier (Celotti).

T. OBDUCENS (Fr.) Fuck. — Sur les rameaux de *Laurus* (Celotti).

T. IGNAVIS (De Not.) Karst. (*Cucurbitaria ignavis* De Not.). — Sur tiges sèches d'une Dicotylédone sous-frutescente à Montpellier (Celotti).

CUCURBITARIA SPARTII Nees. — Sur les branches sèches de *Genista Scorpius*. Spores jaune clair, transparentes, de 24-30/10-12 μ; asques 180/12 μ. En compagnie de *Diplodia Spartii* (Voir plus bas). Montarnaud (Jacz.).

C. ELONGATA (Fr.) Grev. — Sur rameaux morts de *Robinia*, Montpellier (Celotti).

C. RHAMNI Fuck. — Sur rameaux secs de *Rhamnus cathartica* (Celotti).

C. CORYLI Fuck. — Sur *Corylus purpurea* (Celotti).

C. CONFLUENS Plowr. — Sur *Quercus Robur* (Celotti).

AMPHISPHÆRIA FALLAX De Not. — Sur l'écorce du *Quercus macrocarpa* (Celotti).

A. ATROGANA Sacc. — Sur les rameaux du *Liquidambar orientale* (Celotti).

VALSARIA INSITIVA Ces. et De Not. — Sur les rameaux de *Gleditschia triacanthos* et *Cratægus oxyacantha*, Montpellier (Celotti).

V. NOTARISII Sacc. — Sur les rameaux du *Gleditschia triacanthos* (Celotti).

MASSARIA ÆSCULI Tul. — Sur les rameaux du Marronnier d'Inde (Celotti).

M. PLATANI Ces. — Sur *Platanus occidentalis* (Celotti).

LEPTOSPHÆRIA TYPHARUM Desmaz. forma SCIRPI. — Les mesures micrométriques diffèrent un peu de la forme type sur *Typha*, mais cette différence n'est pas de nature, croyons-nous, à autoriser la création d'une nouvelle espèce. Asques 100/20μ, paraphyses filamenteux, rares; spores jaune clair, transparentes à 3 cloisons, étranglées, de 22,5-25/10μ. La Pompiniane (Jacz.), fig. 4.

L. CONOIDEA De Not. — Sur tiges de *Ruscus racemosus* à Montpellier (Celotti).

L. GIBELLIANA Pirotta. — Sur sarments et vrilles de Vigne (Celotti).

L. CONIOTHYRIUM Sacc. — Sur rameaux morts de *Cydonia vulgaris* (Celotti).

L. VAGABUNDA Sacc. — Sur *Alnus glutinosa*, *Cornus sanguinea*, *Deutzia gracilis*, *Gleditschia triacanthos* et *Quercus sessiliflora* à Montpellier (Celotti).

L. MACULANS Ces. et De Not. — Sur les tiges mortes de *Teucrium fruticans* (Celotti).

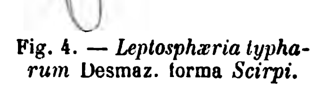


Fig. 4. — *Leptosphæria typharum* Desmaz. forma *Scirpi*.

L. CISTI Celotti. — Sur les rameaux du *Cistus albidus* à Montpellier.

L. AGNITA De Not. et Ces. — Sur rameaux de *Rosmarinus officinalis* (Celotti).

L. CASTAGNEI (Dur. et Mont.) Sacc. — Sur les brindilles du *Jasminum Wallichianum* à Montpellier (Celotti).

L. DECAISNEANA Sacc. — Sur les feuilles sèches du *Populus Tremula* (Celotti).

L. VINEALIS Pass. — Sur sarments de Vigne (Celotti).

L. Rusci Sacc. — Sur les tiges et cladodes de *Ruscus aculeatus* et *R. hypoglossum* à Montpellier (Celotti).

Melanomma longicolle Sacc. — Sur rameaux de *Citrus* (Celotti).

M. canescens Speg. — Sur une planchette de sapin, à Montpellier (Celotti).

Trematosphæria errabunda H. Fab. — Sur tronc sec d'Olivier (Celotti).

Kalmusia dealbata Sacc. — Sur rameaux de *Liriodendron tulipifera* (Celotti).

Metasphæria rustica Sacc. — Sur tiges de *Spiræa Regeliana* (Celotti).

M. Coryli Celotti. — Sur rameaux de *Corylus purpurea*, à Montpellier.

Sphærulina intermixta Sacc. — Sur brindilles mortes d'*Abelia rupestris* et de *Lycium sinense*, à Montpellier (Celotti).

Physalospora disrupta (B. et C.) Sacc. (?). — Périthèces infères, ovoïdes, ne perforant l'épiderme que par leur ostiolum papilliforme ; asques sessiles, oblongs de 70/17,5 μ entourés de paraphyses épais, agglutinés ; spores unicellulaires, hyalines, ovoïdes, de 16/8 μ. Sur tiges desséchées de *Smilax aspera*, Grammont (Boyer et Jacz).

La description du *Phy. disrupta* d'Amérique sur les tiges de *Smilax* étant très incomplète, il nous est impossible d'établir la similitude complète de notre échantillon avec cette espèce. Nous l'inscrivons temporairement sous ce nom, jugeant inutile de créer, sans raisons suffisantes, des espèces nouvelles.

Carlia Spartii nov. sp. — Périthèces infères, munis d'un simple pore, très petits, pas de paraphyses ; asques ovoïdes, sessiles, de 50/32,5-35 μ ; spores hyalines, unicellulaires, ovoïdes, oblongues, de 25/10 μ. Sur tiges mortes de *Lygeum Spartium*, Grammont (Boyer et Jacz). Fig. 5.

Botryosphæria Delilei Dur. et Mont. — Sur les branches de Saule.

Sphærella grisea nov. sp. — Périthèces infères, agglomérés sur des taches grises, petites; pas de paraphyses; asques de 32,5/15 μ; spores hyalines, pyriformes, étranglées à cellules inégales, de 15/6,5 μ. Saint-Martin-de-Londres, sur tiges sèches de *Scrofularia canina* (Jacz). Fig. 6.

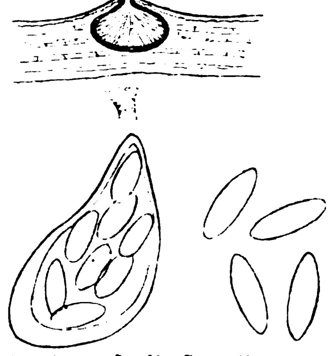


Fig. 5. — *Carlia Spartii* nov. sp.

Sph. Æthiops Fuck. — Sur feuilles sèches de *Quercus*, Grammont (Jacz).

Sph. Iridis Auersw. — Sur feuilles sèches d'*Iris*, Montpellier (Celotti).

Stigmatea Robertiani Fr. — Sur feuilles de *Geranium* (Boyer).

St. Potentillæ Fr. — Cette espèce, considérée par Saccardo comme *Venturia* (*I. 594 Sylloge*), doit être rapportée au genre *Stigmatea* à cause de ses périthèces supéres et sans soies à l'ostiolum ; Grammont sur feuilles vivantes de *Potentilla* (Jacz).

Hypocopra fimicola Sacc. — Sur fumier de cheval, Grammont (Jacz).

Epichloe typhina Pers. — Sur différentes *Graminées* (Boyer).

Polystigma rubrum Pers. — Sur *Amygdalus communis* (Boyer).

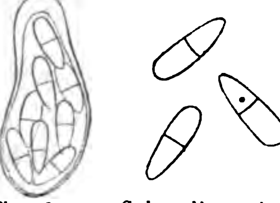


Fig. 6. — *Sphærella grisea* nov. sp.

Myiocopron Smilacis D. Not. — Sur *Smilax aspera*. Bois de Grammont (Jacz).

Asterina Juniperi Desmaz. — Périthèces supères, scutiformes, bruns, munis d'une papille; asques oblongs, sessiles, en forme de sac, de 60/22,5 μ, paraphyses peu apparents, épais, rares, agglutinés ; spores brunâtres, transparentes, bicellulaires avec deux grosses gouttes d'huile, à cellules inégales, de 20/8-9 μ. Cette espèce curieuse, tour à tour rapportée aux genres *Stigmatea* et *Microthyrium*, semble

plutôt se rattacher aux *Asterina* ; sur *Juniperus communis* (feuilles vivantes) Saint-Martin-de-Londres (Jacz). Fig. 7.

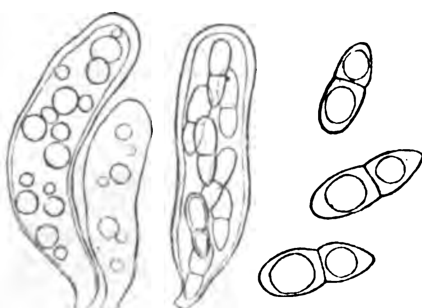


Fig. 7. — *Asterina Juniperi* Desmaz.

Sphærotheca pannosa Walh. — Sur *Rosa* (Boyer).

Sph. Castagnei Lév. — Sur *Humulus Lupulus*, Montpellier (Celotti).

Erysiphe communis Walh — Sur *Pisum*, *Trifolium*, *Scabiosa stellata*, *Ranunculus*, *Convolvulus*, *Onobrychis* (Boyer) ; sur *Pisum sativum* (Celotti).

Ery. horridula Lév. — Sur feuilles et tiges de *Lycopsis*, Montpellier (Celotti).

Ery. Martii Lèv. — Sur *Isatis tinctoria* (Boyer).

Ery. Graminis DC. — Sur Graminées (Boyer).

Uncinula spiralis Berk et Cooke. — Sur *Vitis* (Boyer).

U. Salicis DC. Sur *Salix* (Boyer).

Phyllactinia suffulta Rebent. - Sur *Corylus Avellana*, *Fraxinus australis* (Boyer).

b). **Exoasci**.

18. Exoascées.

Exoascus Ulmi Fuck. — Sur *Ulmus* (Boyer).

Ex. deformans Berk. — Sur *Prunus* (Boyer).

E. OOMYCETES.

19. Péronosporées.

Peronospora affinis Rossm. — Sur *Fumaria*, Grammont (Boyer et Jacz).

P. candida Fuck. — Sur *Anagallis arvensis* (Boyer).

P. VICIÆ de Bary. — Sur *Pisum sativum* (Celotti).

P. EFFUSA de Bary. — Sur *Chenopodium* (Celotti).

P. URTICÆ de Bary. — Sur *Urtica* (Boyer).

PLASMOPARA VITICOLA Berlèse et de Toni. — Sur *Vitis*; commun.

PHYTOPHTHORA INFESTANS de Bary. — Sur *Solanum tuberosum* (Celotti), *Solanum Lycopersicum* et *tuberosum* (Boyer).

BREMIA LACTUCÆ Regel. — Sur *Lactuca*, *Sonchus oleracæus* (Boyer).

CYSTOPUS CANDIDUS Pers. — Sur Crucifères, commun (Jacz). Sur *Thlaspi* (Celotti).

CYS. CUBICUS de Bary. — Sur feuilles et tiges de *Tragopogon pratensis*, Montpellier (Celotti).

F. MYXOMYCÈTES.

PLASMODIOPHORA VITIS Viala et Sauvageau. — Feuilles de Vigne attaquées par la *Brunissure*.

LYCOGALA EPIDENDRON Buxb. — Sur un tronc de Saule en putréfaction, Montpellier (Celotti).

TILMADOCHE NUTANS Pers. — Près de Grammont (Dunal), bois de Pins (Touchy).

TUBULINA CYLINDRICA (Bull.) DC. — Dans un tronc creux de Saule à Lattes (Dunal).

ÆTHALIUM SEPTICUM Fr. var. VAPORARIUM. — Sur la tannée d'une serre chaude au Jardin des Plantes de Montpellier (Dunal).

Formes conidiennes.

SPHÉROPSIDÉES.

PHOMA FLAHAULTI nov. sp. — Périthèces infères, petits, agglomérés, percés d'un pore; spores en croissant, à côtés inégaux, hyalines, unicellulaires, de formes variées,

20-15/5 μ. Sur *Centranthus angustifolius* à Saint-Guilhem-le-Désert (Jacz.).

Ph. glandicula Desmaz. — Sur glands de Chêne à Grammont (Jacz.).

Ph. Centaureæ nov. sp. — Périthèces immergés, percés d'un pore ; entourés d'un mycelium brun toruloïde, abondant ; spores cylindriques, hyalines, unicellulaires, à deux gouttelettes, de 7,5/4 μ. Sur *Centaurea Calcitrapa*, Montarnaud (Jacz).

Ph. aspera nov. sp. — Périthèces globuleux, petits ; spores hyalines, unicellulaires, à nombreuses gouttelettes d'huile, irrégulières, ovoïdes-oblongues, de 30/8,5 μ. Cette espèce fait plutôt l'effet d'un *Staganospora* dont les spores, non encore mûres, ne seraient pas cloisonnées. Sur tiges sèches de *Smilax*, Grammont (Boyer et Jacz.).

Ph. Smilacis nov. sp. — Périthèces immergés, petits, percés d'un pore; spores hyalines, unicellulaires, de 4/2,5 μ. Sur tiges sèches de *Smilax* à Grammont (Boyer et Jacz.).

Ph. herbarum W. forma Capparidis. — Sur *Capparis spinosa*, Grammont (Jacz.). Les spores sont oblongues, fusiformes et atteignent 10 μ de longueur.

Ph. occidentalis Sacc. — Sur *Gleditschia triacanthos*, Montpellier (Celotti).

Ph. Cassiæ Sacc. — Sur *Cassia floribunda* (Celotti).

Ph. Coluteæ Sacc. et Roum. — Sur les rameaux du *Colutea halepica* (Celotti).

Ph. pseudacaciæ Sacc. — Sur l'écorce du Robinier (Celotti).

Ph. sambucina Sacc. — Sur rameaux de *Sambucus nigra* (Celotti).

Ph. Landeghemiæ Sacc. — Sur *Philadelphus coronarius*, *P. Gordonianus* et *grandiflorus*, Montpellier (Celotti).

Ph. Celottii Sacc. — Sur *Philadelphus grandiflorus*, Montpellier (Celotti).

Ph. Berberidis Sacc. — Sur *Berberis Hookeri* (Celotti).

Ph. Libertiana Speg. et Roum. — Sur *Abies* (Celotti).

Ph. allostoma (Lév.) Sacc. — Sur *Taxus baccata* (Celotti).

Ph. enteroleuca Sacc. — Sur *Syringa* (Celotti).

Ph. Cydoniæ Sacc. et Schulz. — Sur rameaux morts de *Cydonia* et *Chænomeles* (Celotti).

Ph. Vitis Bon. — Sur sarments de Vigne (Celotti).

Ph. pallens B. et C. — Sur *Ampelopsis* (Celotti).

Ph. coneglanensis Sacc. — Sur *Pavia* (Celotti).

Ph. ramulicola Celotti. — Sur Olivier à Montpellier.

Ph. fraxinea Sacc. — Sur *Fraxinus Ornus* et *F. americana*, Montpellier (Celotti).

Ph. domestica Sacc. — Sur *Jasminum triumphans* (Celotti).

Ph. depressa (Lév.) Sacc. — Sur brindilles de *Syringa* (Celotti).

Ph. Limonis Thüm. — Sur *Citrus Limonum* (Celotti).

Ph. pulchella (B. et C.) Sacc. — Sur les rameaux morts de *Rhus typhina*, Montpellier (Celotti).

Ph. lirelliformis Sacc. — Sur jeunes rameaux de *Rhamnus*, Montpellier (Celotti).

Ph. pulla Sacc. — Sur rameaux morts de *Hedera Helix* et *Aralia japonica*, Montpellier (Celotti).

Ph. Opuli Thüm. — Sur les rameaux de *Viburnum Opulus* (Celotti).

Ph. viridarii Sacc. — Sur les rameaux de *Magnolia grandiflora* (Celotti).

Ph. stictica B. et Br. — Sur *Buxus*, Montpellier (Celotti).

Ph. Ophites Sacc. — Sur rameaux morts d'*Hibiscus* (Celotti).

Ph. Escalloniæ Sacc. — Sur brindilles d'*Escallonia crenata*, Montpellier (Celotti).

Ph. mixta B. et C. — Sur rameaux de *Liriodendron tulipifera*, Montpellier (Celotti).

Ph. velata Sacc. — Sur rameaux de *Tilia europæa* et *T. canadensis*, Montpellier (Celotti).

Ph. Rosmarini Speg. — Sur les rameaux morts de *Rosmarinus officinalis* (Celotti).

Ph. Viticis Celotti. — Sur les tiges de *Vitex Agnus-castus*, Montpellier.

Ph. Tamarisci Sacc. — Sur brindilles de *Tamarix indica* (Celotti).

Ph. scabra Sacc. — Sur l'écorce du *Platanus occidentalis* (Celotti).

Ph. Mororum Sacc. — Sur jeunes rameaux languissants de *Morus intermedia* (Celotti).

Ph. Broussonetiæ Sacc. — Sur rameaux de *Broussonetia* (Celotti).

Ph cinerescens Sacc. — Sur rameaux du *Ficus Carica* (Celotti).

Ph. quercella Sacc. et Roum. — Sur brindilles de *Quercus* (Celotti).

Ph. Crepini Speg et Roum. — Sur rameaux de *Populus* (Celotti).

Ph. endoleuca var. ligustrina Sacc. — Sur rameaux de *Ligustrum* (Celotti).

Ph. alnea Sacc. — Sur rameaux d'*Alnus glutinosa* (Celotti).

Ph. oblonga Des. — Sur rameaux secs d'*Ulmus* (Celotti).

Ph. sordida Sacc. — Sur rameaux du *Carpinus Betulus* (Celotti).

Ph. revellens Sacc. — Sur rameaux de *Corylus purpurea* (Celotti).

Ph. hysterella Sacc. — Sur feuilles et jeunes rameaux morts de *Taxus baccata* (Celotti).

Ph. ilicicola Sacc. — Sur les feuilles d'*Ilex ferox* (Celotti).

Ph. Oleæ Sacc. — Sur feuilles tombées d'Olivier (Celotti).

Ph. discosioides Sacc. — Sur rameaux de *Fagus purpurea* (Celotti).

Ph. ligustrina Thüm. — Sur feuilles languissantes de *Ligustrum vulgare* (Celotti).

Ph. Clematidis Sacc. — Sur rameaux de *Clematis cirrhosa* (Celotti).

Ph. vulgaris Sacc. — Sur les tiges de *Clematis cirrhosa* (Celotti).

Ph. Indigoferæ Sacc. — Sur brindilles d'*Indigofera Dosua* (Celotti).

Ph. fœniculina Sacc. — Sur les tiges de *Fœniculum* (Celotti).

PH. PHLOMIDIS Thüm. — Sur les tiges mortes de *Phlomis fruticosa* (Celotti).

PH. PHYLLOSTICTEA Sacc. — Sur les tiges pourrissantes de *Ballota* (Celotti).

PH. SPIRÆÆ Desm. – Sur les tiges de *Spiræa Reevesiana* (Celotti).

PH. ACUTA Fuck. — Sur tiges de *Ballota* (Celotti).

PH. LEPTIDULA Sacc. — Sur rameaux d'*Hypericum calycinum* (Celotti).

PH. ATOMUS (Lév.) Auersw. — Sur feuilles de *Rubia tinctorum* (Celotti).

PH. LEGUMINUM West. — Sur gousses tombées de *Cercis Siliquastrum* (Celotti).

PH. STROBILIGENA Desm. — Sur cônes de *Pinus* et de *Thuya filiformis* (Celotti).

PH. SAMARARUM Desm. — Sur les samares de *Fraxinus Ornus* (Celotti).

PH. PASSIFLORÆ Penz. et Sacc. — Sur tiges de *Passiflora cærulea* (Celotti).

PH. MACULATA Cooke et Karkn. — Sur feuilles de *Chamærops excelsa* (Celotti).

PH. SABALEOS Ces. — Sur feuilles sèches de *Sabal* (Celotti).

PH. NEGLECTA Desm. Sur écailles de *Juncus acutus* (Celotti).

MACROPHOMA CITRI Celotti. — Sur rameaux secs de *Citrus triptera*, Montpellier.

APOSPHÆRIA AGMINALIS Sacc. — Sur rameaux d'*Æsculus rubicunda* (Celotti).

A. DIFFORMIS Sacc. — Sur rameaux de *Tilia europæa* et *T. canadensis* (Celotti).

A. MORI Sacc. — Sur rameaux de *Morus* (Celotti).

DENDROPHOMA PLEUROSPORA Sacc. var. RIBESIA. — Sur rameaux de *Ribes spinosa* (Celotti).

D. CYTOSPOROIDES Sacc. — Sur rameaux de *Deutzia* et var. *punicina* Sacc., sur brindilles de *Punica Granatum* (Celotti).

SPHÆRONEMA OLEÆ (De Not.). Sacc. forma *xylogena* — Sur le bois de l'Olivier (Celotti).

VERMICULARIA HERBARUM West. — Sur feuilles desséchées de *Dianthus* (Celotti).

CYTOSPORA MASSARIANA Sacc. — Sur rameaux de *Sorbus domestica* (Celotti).

CY. MICROSPORA (Corda) Rabenh. — Sur rameaux de *Cratægus latifolia* (Celotti).

CY. VIBURNI Celotti. — Sur rameaux de *Viburnum Tinus*, Montpellier.

CY. STENOSPORA Sacc. — Sur rameaux d'*Alnus glutinosa* (Celotti).

CY. CHRYSOSPERMA (Pers.) Fr. — Sur rameaux de *Populus pyramidalis* (Celotti).

CY. SALICIS (Corda) Rabenh. — Sur rameaux de *Salix* (Celotti).

CY. DECORTICANS Sacc. — Sur rameaux de *Carpinus Betulus* (Celotti).

CY. SYRINGÆ Sacc. — Sur rameaux de *Syringa* (Celotti).

PHYLLOSTICTA RUBORUM Sacc. — Sur feuilles languissantes de *Rubus fruticosus* (Celotti).

PHY. BOLLEANA Sacc. — Sur feuilles d'*Evonymus japonica* (Celotti).

PHY. TINEOLA Sacc. — Sur feuilles de *Viburnum Tinus* (Celotti).

PHY. TINEA Sacc. — Sur la face supérieure des feuilles de *Viburnum Tinus* (Celotti).

PHY. ROUMEGUERII Sacc. — Sur feuilles de *Viburnum Tinus* (Celotti).

PHY. HEDERÆ Sacc. et Roum. — Sur feuilles de *Hedera Helix* (Celotti).

PHY. CONCENTRICA Sacc. — Sur les feuilles de *Hedera caucasica* (Celotti).

PHY. LIGUSTRINA Sacc. et Speg. — Sur feuilles de *Ligustrum* (Celotti).

PHY. PHILLYREÆ Sacc. — Sur feuilles de *Phillyrea latifolia* (Celotti).

PHY. LIMBALIS Pers. — Sur feuilles de *Buxus* (Celotti).

PHY. HAYNALDI Roum. — Sur les feuilles de *Ilex* (Celotti).

PHY. MAGNOLIÆ Sacc. — Sur feuilles de *Magnolia grandiflora* (Celotti).

PHY. MAHONIÆ Sacc. et Speg. — Sur feuilles languissantes de *Mahonia Fortunei* (Celotti).

PHY. JAPONICA Thüm. — Sur feuilles de *Mahonia japonica* (Celotti).

PHY. ARGYREA Speg. — Sur feuilles tombées de *Eleagnus reflexa* (Celotti).

PHY. QUERCUS Sacc. et Speg. — Sur feuilles languissantes de *Quercus* (Celotti).

PHY. TEUCRII Sacc. et Speg.— Sur feuilles de *Teucrium fruticans* (Celotti).

PHY. RUSCICOLA Dur. et Mont. — Sur *Ruscus aculeatus* (Boyer et Jacz.).

PHY. ROBERTI nov. sp. — Taches pâles, irrégulières ; périthèces infères ; spores cylindriques, hyalines, unicellulaires, de 20/5 μ. Sur *Ficus elastica* à Bagnols-sur-Cèze (Boyer).

CHÆTOPHOMA GLAUCII nov. sp.— Périthèces oblongs, immergés, percés d'un pore et recouverts d'un clypeus ; spores ovoïdes-oblongues, hyalines, à 2 gouttelettes, de 10/3-4 μ. Sur *Glaucium luteum* (tiges mortes), Montarnaud (Jacz.).

SPHÆROPSIS SCIRPI nov. sp.— Périthèces émergeants, globuleux, petits; spores transparentes, très pâles, de couleur brune, vues en masse, ovoïdes, unicellulaires, de 4/3 μ. Sur *Scirpus* et sur feuilles sèches d'*Acorus Calamus*, mare de Grammont et la Pompiniane (Jacz.).

S. DEMERSA Sacc.—Sur rameaux de *Cratægus* et *Cerasus* (Celotti).

S. FABÆFORMIS Sacc. — Sur sarments morts de *Vitis vinifera* (Celotti).

S. SYRINGÆ Peck. et C. — Sur rameaux morts de *Syringa persica laciniata* (Celotti).

S. PHOMATELLA Peck.— Sur rameaux morts de *Fraxinus* (Celotti)

S. CARPINEA Sacc. et Br. — Sur rameaux secs de *Carpinus Betulus* (Celotti).

S. GALLÆ (Schwz.) B. et C. - Sur rameaux morts de *Juglans porcina* (Celotti).

S. MENISPERMI Peck. — Sur tiges de *Menispermum canadense* (Celotti).

S. DONACINA Mont. — Sur *Arundo Donax* (Celotti).

S. RUSCI Thüm. – Sur tiges et cladodes de *Ruscus* (Celotti).

CONIOTHYRIUM OLIVACEUM Bon. — Sur brindilles de *Abelia*, *Celtis*, *Laurus*. Var *Celtidis australis*, sur rameaux de *Celtis australis* (Celotti).

C. INSITIVUM Sacc. — Sur rameaux de *Rhamnus Alaternus* (Celotti).

C. FŒDANS Sacc. — Sur rameaux de *Juglans*, de *Morus* (Celotti).

C. JASMINI (Thüm.) Sacc. — Sur rameaux vivants de *Jasminum* (Celotti).

C. CASTAGNEI Sacc. — Sur rameaux secs de *Jasminum triumphans* et sur le péricarpe du *J. fruticans* (Celotti).

C. MONTAGNEI Cast. — Sur jeunes rameaux de *Bupleurum fruticosum* (Celotti).

C. CÆSPITULOSUM Sacc. — Sur rameaux de *Tamarix anglica* (Celotti).

C. QUERCINUM Sacc. — Sur rameaux secs de *Quercus occidentalis* (Celotti).

C. INCRUSTANS SACC. — Sur rameaux de *Broussonetia* (Celotti).

C. PARIETARIÆ Sacc. et Speg. — Sur tiges mortes de *Parietaria officinalis* (Celotti).

C. CONCENTRICUM Sacc. — Sur *Yucca gloriosa*, Pic Saint-Loup (Jacz.), sur feuilles de *Yucca aloifolia*. Var. *Agaves*, sur feuilles sèches d'*Agave americana* (Celotti).

C. PALMARUM Corda. — Sur feuilles languissantes de *Chamærops excelsa* (Celotti).

C. DASYLIRII Celotti. — Sur feuilles mortes de *Dasylirion gracile*, Montpellier.

DIPLODIA ANONÆ Sacc. — Sur rameaux de *Anona triloba* (Celotti).

D. SYRIACA Sacc. — Sur brindilles de *Hibiscus syriacus* (Celotti).

D. ÆSCULI Lév. — Sur rameaux de *Æsculus rubicunda* (Celotti).

D. VITICOLA Desm. — Sur sarments morts de Vigne (Celotti).

D. ILICICOLA Desm. — Sur les rameaux de l'*Ilex* (Celotti).

D. CLANDESTINA Dur. et Mont. — Sur rameaux de *Ceanothus* et de *Rhamnus* (Celotti).

D. GLEDITSCHIÆ Pass. — Sur rameaux de *Gleditschia triacanthos* (Celotti).

D. RUDIS Desm. et Kickx. — Sur rameaux morts de *Cytisus Laburnum* (Celotti).

D. CRATÆGI West. — Sur fruits secs et sur rameaux morts de *Cratægus* (Celotti).

D. CYDONIÆ Sacc. — Sur rameaux de *Cydonia vulgaris* (Celotti).

D. SPIRÆINA Sacc. — Sur rameaux de *Spiræa* (Celotti).

D. PHILADELPHI Celotti. — Sur rameaux de *Philadelphus Gordonianus*, Montpellier.

D. CALYCANTHI Speg. — Sur *Calycanthus occidentalis* (Celotti).

D. RIBIS Sacc. — Sur rameaux de *Ribes sanguineum* (Celotti).

D. MAMILLANA Fr. — Sur brindilles de *Cornus mas* (Celotti).

D. SYMPHORICARPI Sacc. — Sur rameaux d'*Abelia* (Celotti).

D. LANTANÆ Fuck. — Sur rameaux secs de *Viburnum* (Celotti).

D. INQUINANS West. — Sur rameaux de *Fraxinus Ornus* et *Fontanesia Phillyreoides* (Celotti).

D. CELOTTIANA Sacc. — Sur brindilles de *Jasminum triumphans* (Celotti).

D. LIGUSTRI West. — Sur jeunes rameaux de *Ligustrum vulgare* (Celotti).

D. PITTOSPORI Cooke et Hark. — Sur rameaux de *Pittosporum sinense* (Celotti).

D. ELEAGNI Pass. — Sur rameaux d'*Eleagnus* (Celotti).

D. BUXICOLA Sacc. — Sur rameaux de *Buxus* (Celotti).

D. CELTIDIS Roum. — Sur rameaux de *Celtis* (Celotti).

D. MELÆNA Lév. — Sur l'écorce et les racines déterrées de l'Orme (Celotti).

D. MACLURÆ Speg. — Sur rameaux de *Maclura* (Celotti).

D. INCRUSTANS Sacc. — Sur rameaux de *Rhus typhina* (Celotti).

D. MORI West. — Sur rameaux de *Morus* (Celotti).

D. QUERCUS Fuck. — Sur rameaux secs de *Quercus* (Celotti).

D. THUYANA Peck. et C. var. THUYÆ-ORIENTALIS Sacc. — Sur rameaux de *Thuya orientalis* (Celotti).

D. TINI Sacc. var. RAMULICOLA Sacc. — Sur rameaux de *Viburnum Tinus* (Celotti).

D. MAHONIÆ Sacc. — Sur grappes de *Mahonia* (Celotti).

D. PERPUSILLA Desm. — Sur tiges desséchées d'une *Ombellifère* (Celotti).

D. HYPERICINA Sacc. — Sur rameaux de *Hypericum calycinum* (Celotti).

D. ROSMARINI Celotti. — Sur rameaux de *Rosmarinus officinalis*, Montpellier.

D. EUPHORBIÆ Brun. — Sur tiges mortes d'*Euphorbia* (Celotti).

D. HERBARUM (Corda) Lév. — Sur tiges de *Phlomis fruticosa* (Celotti).

D. CÆSII nov. sp. — Périthèces petits, nombreux, globuleux, infères; spores olivacées, bicellulaires, ovoïdes, de 8-9/6-7 μ. Sur les branches mortes de *Rubus cæsius*, Grammont (Boyer et Jacz.).

D. GAYII nov. sp. — En l'honneur du professeur François Gay, de Montpellier. Périthèces infères, petits, globuleux; spores brunes, transparentes, ovoïdes, une cloison, 9/4,5-5 μ. Sur *Ruta angustifolia* à Montarnaud (Jacz.).

D. SPARTII nov. sp. — Périthèces globuleux, infères, petits; spores brunes, bicellulaires, de 10/4,5 μ. Sur *Genista Scorpius* avec *Cucurbitaria Spartii* Nees, Montarnaud (Jacz.).

D. PSORALEÆ nov. sp. — Périthèces infères; spores brunes, bi-

cellulaires, de 10/6 μ Sur *Psoralea bituminosa*, Grabels (Boyer).

Diplodina Thesii nov. sp. — Périthèces infères, globuleux; spores cylindriques, courbes ou droites, bicellulaires, hyalines, de 12,5/2,5 μ. Sur *Thesium divaricatum*, Grabels (Boyer).

Ascochyta leguminum Sacc. — Sur gousses de *Cytisus* (Celotti).

A. berberidina Sacc. — Sur rameaux de *Berberis* (Celotti).

A. scandens Sacc. — Sur rameaux de *Hedera caucasica* (Celotti).

A. vicina Sacc. — Sur tiges de *Teucrium fruticans* (Celotti).

Hendersonia pauciseptata B. et C. — Sur rameaux de *Myrtus* (Celotti).

H. sarmentorum West. — Sur sarments de *Vitis, Ribes, Ampelopsis, Deutzia* (Celotti).

H. Gleditschiæ Kickx. — Sur rameaux de *Gleditschia triacanthos* (Celotti).

H. mammillana (Fr.) Curr. — Sur rameaux de *Ceanothus* (Celotti).

H. Fiedleri West. — Sur rameaux de *Cornus* (Celotti).

H. magnoliæ Sacc. — Sur rameaux secs de *Magnolia* (Celotti).

H. vulgaris Desm. — Sur fouilles languissantes de *Rubus* (Celotti).

H. cydonicola Thüm. — Sur jeunes rameaux de *Cydonia* (Celotti).

H. conorum De Lacr. — Sur cônes d'*Abies* (Celotti).

H. pulchella Sacc. — Sur *Phlomis* et *Jasminum* (Celotti).

H. Lirella Cooke. — Sur rameaux de *Spiræa* (Celotti).

H. Letendreana Sacc. var. muralis Sacc. — Sur tiges de *Parietaria officinalis* (Celotti).

H. Sabaleos Ces. — Sur feuilles sèches de *Chamærops excelsa* et sur les spathes de *C. humilis* (Celotti).

H. monspeliensis Celotti. — Sur feuilles sèches de *Sabal Palmetto*, Montpellier.

H. Donacis Sacc. — Sur feuilles desséchées de *Juncus acutus* (Celotti).

H. Desmazieri Mont. — Sur l'écorce du Platane (Celotti).

H. JUNCI nov. sp. — Périthèces infères, globuleux; spores brunes, transparentes, olivacées, oblongues-cylindriques, triseptées, de 12,5/5 µ. Sur *Juncus species*, Pic Saint-Loup (Jacz.).

STAGANOSPORA GRAMINELLA Sacc. — Sur *Triticum campestre*, Montarnaud (Jacz.).

STAG. ULICIS Celotti. — Sur *Ilex europæus*, Montpellier.

CAMAROSPORIUM ROBINIÆ (West.) Sacc. — Sur rameaux de *Robinia* (Celotti).

C TRIACANTHI Sacc. var. MINUS Sacc. — Sur gousses de *Cytisus Laburnum* (Celotti).

C. CORONILLÆ Sacc. var. COLUTEÆ Sacc. — Sur brindilles de *Colutea halepica* (Celotti).

C. ALPINUM Speg. — Sur rameaux de *Cassia floribunda* (Celotti).

C. MACROSPORUM Sacc. — Sur brindilles de *Philadelphus* (Celotti).

C. COLLETIÆ Celotti. — Sur *Colletia*, Montpellier.

C. INCRUSTANS Sacc. — Sur rameaux de *Rhus* (Celotti).

C. MORI Sacc. — Sur rameaux de *Morus nigra* (Celotti).

C. PROPINQUUM Sacc. — Sur rameaux de *Salix* (Celotti).

C. LYCII Sacc. — Sur rameaux de *Lycium barbarum* (Celotti).

C. TEUCRII Celotti. — Sur rameaux de *Teucrium fruticans*, Montpellier.

SEPTORIA MAHONIÆ Pass. — Sur grappes de *Mahonia japonica* (Celotti).

S. UNEDONIS Rob. et Desm. — Sur feuilles languissantes d'*Arbutus Unedo* (Celotti).

S. OLEANDRINA Sacc. — Sur feuilles de *Nerium oleander* (Celotti).

S. POPULI Desm. — Sur feuilles de *Populus nigra* (Celotti).

S. FRAGARIÆ Desm. — Sur feuilles languissantes de *Fragaria* (Celotti).

S. STELLARIÆ Rob. et Desm. — Sur feuilles et sur tiges de *Stellaria media* (Celotti).

S. BERTEROÆ Thüm. — Sur feuilles vivantes de *Berteroa incana* (Celotti).

S. Cirsii Niessl. – Sur feuilles languissantes de *Cirsium arvense* (Celotti).

S. Passerini Sacc. — Sur feuilles de *Hordeum murinum* (Celotti).

S. Bupleuri Desmaz. — Sur *Bupleurum fruticosum*, Grammont (Jacz.).

S. ampelina Berck. et Curt. — Sur feuilles de *Vitis*.

S. Psoraleæ nov. sp. — Spores fusiformes, droites ou courbes, hyalines, de 29/4 μ. Sur *Psoralea bituminosa*, Grabels (Boyer).

S. Dulcamaræ Desmaz. — Sur *Solanum Dulcamara*, Caunelle (Boyer).

S. Coriariæ. Passer. — Sur *Coriaria myrtifolia*, Celleneuve (Boyer).

S. amicabilis nov. sp. — Taches arrondies ou confluentes, décolorées, bordées de brun; périthèces globuleux, pyriformes, infères, proéminents, très petits; spores filiformes, cylindriques, hyalines, de 70/1,5-2 μ; mycélium hyalin, abondant, ramifié. Sur *Cephalaria leucantha*, Montpellier (Boyer).

Rhabdospora nota Sacc. — Sur brindilles de *Cornus* (Celotti).

Rh. Parietariæ Celotti. — Sur tiges de *Parietaria officinalis*, Montpellier.

Phlyctæna Pini Celotti. — Sur feuilles mortes de *Pinus*, Montpellier.

Cytosporina cerviculata Sacc. — Sur rameaux de Charme (Celotti).

Discosia Artocreas Fr. — Sur feuilles sèches de *Platanus*, de *Quercus* (Celotti), *Lythrum Salicaria*, Caunelle (Boyer).

Dinemasporium decipiens Sacc. – Sur rameaux morts de *Robinia* (Celotti).

D. affine Speg. — Sur une vieille poutre (Celotti).

Mélanconiées.

Marsonia smilacina Thüm. — Spores cylindriques, souvent

courbes, de 20-22/4-5 μ. Sur feuilles vivantes de *Smilax aspera*, Grammont (Jacz).

Cette espèce a été signalée seulement en Portugal par Moller, sur *Smilax mauritanica*.

CORYNEUM BEYERINCKI Oud. — Sur *Persica, Amygdalus, Cerasus* (Boyer).

GLÆOSPORIUM AMPELOPHAGUM (Pass,) Sacc. — Sur *Vitis* (Celotti).

MELANCONIUM BICOLOR Nees. — Sur rameaux de Charme (Celotti).

PESTALOZZIA DECOLORATA Speg. — Sur feuilles de *Myrtus* (Celotti).

P. SILIQUASTRI Thüm. — Sur gousses de *Cercis* (Celotti).

P. FUNEREA Desm. — Sur feuilles et brindilles mortes de *Thuya, Pinus, Cupressus*. Var. *typica*, sur jeunes rameaux desséchés de *Cupressus glauca* (Celotti).

P. CONIGENA Lév. — Sur cônes de *Thuya* (Celotti).

P. TRUNCATA Lév. — Sur rameaux de *Quercus Suber* (Celotti).

P. PALMARUM Cooke. — Sur les spathes du *Chamærops humilis* (Celotti).

P. LAURINA Mont. — Sur feuilles de *Laurus nobilis* (Celotti).

P. AFFINIS Sacc. et Vogl. — Sur rameaux de *Vitis* (Celotti).

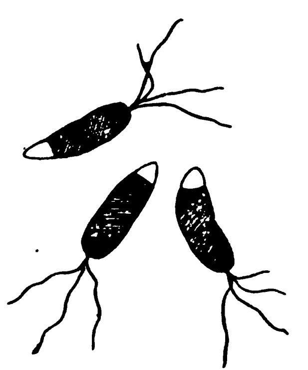


Fig. 8. — *Pestalozzia Penzigi* nov. sp.

P. RHAMNI Celotti. — Sur rameaux secs de *Rhamnus Alaternus*, Montpellier.

P. PENZIGI nov. sp. — Masses sous-épidermiques, globuleuses, brunes ; spores oblongues, biseptées, la cellule terminale hyaline, les deux autres brunes, spores de 16/5,5-6 μ, avec 3-4 appendices hyalins, filiformes, de même longueur. Sur tiges sèches de *Genista Scorpius* (Jacz). (Fig. 8).

P. ASPHODELI nov. sp. — Masses brunâtres sous-cutanées, nombreuses ; spores triseptées, cylindriques, étranglées, une cellule hyaline, appendice cylindrique se terminant par 3 filaments hyalins. Longueur des spores sans

appendices 30/8 µ ou 27/7-8 µ, les cellules brunes seules 20-22 µ, longueur des appendices 12 µ. Sur tiges sèches d'*Asphodelus cerasifer*, Montarnaud (Jacz). (Fig. 9).

HYPHOMYCÈTES.

TORULA MACULANS Cooke. — Sur feuilles de *Chamærops excelsa* (Celotti).

T. EXITIOSA de Seynes. — Sur les racines de Châtaignier.

FUSICLADIUM PYRINUM (Lib.) Fuck. — Sur les feuilles de *Pirus communis* (Celotti, Boyer).

CLADOSPORIUM HERBARUM (Pers.) Link. — Sur tige morte d'*Arundo Donax* (Celotti).

CL. EPIPHYLLUM Corda. — Sur feuilles tombées de *Quercus* (Celotti).

CL. FASCICULATUM Corda. — Sur feuilles de *Bambusa aurea* (Celotti).

Fig. 9. — *Pestalozzia Asphodeli* nov. sp.

CLADOTRICHUM ROUMEGUERI Speg. — Sur *Nerium oleander* (Celotti).

HORMISCIUM OLEÆ (Cast.) Sacc. — Sur feuilles et rameaux d'Olivier, Saint-Guilhem-le-Désert (Jacz.).

CYCLOCONIUM OLEAGINUM Cast. — Sur feuilles, pédoncules et fruits de l'Olivier, commun (Boyer).

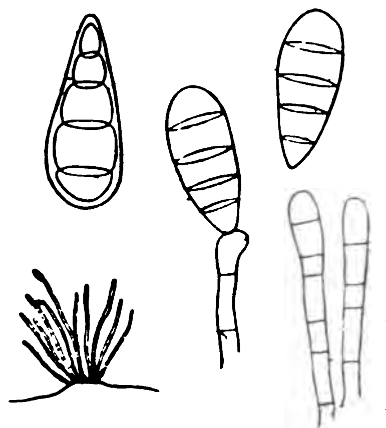
POLYTHRINCIUM TRIFOLII Kunze. — Sur *Trifolium repens*, Montpellier (Boyer).

DIDYMARIA HELIANTHEMI nov. sp. — Hyphes simples, portant à leur sommet une spore hyaline, ovoïde, bicellulaire, de 16,5/8-8,5 µ. Sur les feuilles inférieures vivantes et brunies d'*Helianthemum*, Saint-Martin-de-Londres (Jacz.), (fig. 10).

Fig. 10. — *Didymaria Helianthemi* nov. sp.



D. Ungeri Corda. — Sur *Ranunculus acer*, Montpellier (Boyer).


Fig. 11. — *Brachysporium graminis* nov. sp.

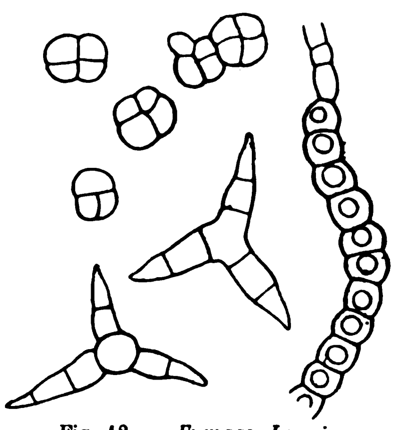
Brachysporium graminis nov. sp. — Hyphes bruns en bouquets, irrégulièrement cloisonnés, portant à leur sommet des spores ovoïdes, oblongues, brunes, transparentes, 4-septées, de 48/16 µ. Sur les *Graminées*, Pic Saint-Loup (Jacz.), (fig. 11).

Cercospora personata B. et C. — Sur *Arachis hypogæa* (Boyer).

Alternaria tenuis Nees. — Sur feuilles de *Viburnum Tinus*, Grammont (Boyer et Jacz.).

Epicoccum neglectum Desm. - Sur rameaux de *Ficus Carica* (Celotti)

Fumago Lauri. — Nous désignons sous ce nom, impropre du reste, une série d'Hyphomycètes que l'on trouve sur les feuilles vivantes du *Laurus nobilis* et qui forment de larges plaques noires comme de la suie, analogues à celles des vrais *Fumago*. On y trouve, à côté de filaments toruloïdes, des spores de *Sarcinella* mêlées à des spores en étoile, hyalines, rappelant les spores du groupe des *Staurosporées* de Saccardo. Toutes ces formes appartiennent-elles à un même champignon, ou bien leur réunion, quoique constante, n'est-elle qu'un effet des circonstances, c'est ce que des cultures seules pourront décider. Grammont (Boyer et Jacz.), (fig. 12).


Fig. 12. — *Fumago Lauri.*

F. vagans Pers.—Sur *Salix*, *Corylus*, *Cerasus*, *Lauro-Cerasus* (Boyer)

MÉCANISME

DE

L'INFLUENCE DES SUBSTANCES TOXIQUES

AGISSANT A TITRE DE CAUSES SECONDES

DANS LA GENÈSE DE L'INFECTION

Par MM. **CHARRIN** et **DUCLERT**

«Pour triompher des résistances de l'organisme, les microbes réclament fréquemment des auxiliaires. Des substances toxiques, on le sait, peuvent être au nombre de ces agents auxiliaires. Cette notion, qui se dégage des observations les plus anciennes, a reçu la consécration de l'expérimentation.

»Toutefois, les auteurs[1] qui se sont occupés de cette question se sont bornés, pour la plupart, à enregistrer ou à reproduire les faits, sans s'efforcer de pénétrer dans l'intimité de leur mécanisme. MM. Roger et Monti ont pourtant montré que, dans ces circonstances, les poisons bactériens intervenaient en agissant sur l'ensemble de l'économie plus encore que localement. M. le professeur Bouchard, qui, le premier, a vu combien ces poisons étaient nuisibles, quand ils pénétraient peu d'instants après le virus, seul est allé plus loin, en prouvant que ces toxiques s'opposaient aux activités phagocytaires.

»Chaque jour, des données nouvelles étendant, en pareille

[1] Parmi les principaux travaux relatifs à ce sujet, il convient de rappeler soit ceux de M. Arloing, de MM. Roux et Nocard sur la réviviscence du virus du charbon symptomatique par l'acide lactique, soit les recherches de MM. Charrin, Platania, Wurtz, Maurel, etc.



matière, l'influence désormais incontestable des différentes intoxications, il nous a paru intéressant d'élucider le mécanisme de cette influence.

»Expérience I[1]. — Le 5 juillet 1894, deux cobayes, A et B, reçoivent, chacun sous la peau, 2^{cc} d'une culture peu active du bacille pyocyanogène. Au même moment, on injecte dans le tissu cellulaire de B, loin de l'inoculation, 0^{cc},5 d'acide lactique dilué au tiers.

»Le lendemain, on sème un égal volume du foie de ces cobayes sacrifiés sur des plaques d'agar, après lavage des viscères.

»Le 8 juillet, on compte neuf colonies sur la gélose qui a reçu les tissus de A ; sur celle qui a été ensemencée avec ceux de l'animal infecté et intoxiqué, on observe de nombreux ilots se fusionnant en une longue traînée.

»Expérience II. — On remplace l'acide lactique par 1^{cc} d'alcool absolu étendu de moitié. — On enregistre des résultats analogues.

»Dans d'autres expériences, nous avons injecté de l'acétate de plomb, du bichlorure de mercure, de la tuberculine, de la malléine, des toxines pyocyaniques, utilisant ainsi des poisons inorganiques ou des corps pouvant dériver soit de la vie de nos cellules, soit de celle des bactéries. Dans l'immense majorité des cas, un fragment donné de l'un des viscères d'un animal intoxiqué a fait apparaître plus de colonies qu'une même parcelle de l'organe similaire d'un cobaye inoculé, mais non empoisonné.

»Les faits établissent donc que l'intoxication agit sur l'élément quantité, lorsqu'elle influence un virus. — Il convenait, dès lors, de rechercher si elle ne modifiait pas la qualité.

»Expérience III. — Le 10 juillet, on injecte, sous la peau d'un cobaye, quelques gouttes d'une culture pyocyanique obtenue en semant le sang de l'animal A de l'expérience I; un cobaye D reçoit la culture correspondante faite avec le sang du sujet B de cette expérience I.

»On fait pénétrer des doses identiques, estimant que la durée de ces cultures, effectuées dans 4^{cc} de bouillon, permettait de négliger

[1] Ces expériences ont été poursuivies au laboratoire de M. le professeur Bouchard.

l'inégalité de richesse microbienne des semences initiales, inégalité d'ailleurs rendue insignifiante par le peu de volume de ces semences.

»Le cobaye C succombe le 12 juillet ; le second, contaminé par le bouillon fertilisé à l'aide des humeurs d'un animal empoisonné, meurt le 14.

»Expérience IV. — On cultive le microbe du pus bleu sur des milieux additionnés d'acide lactique à 2 pour 1000. — On reconnaît que la sécrétion des pigments est entravée.

»On inocule à un cobaye E 2^{cc} de cette culture contenant de l'acide lactique ; il résiste durant six jours. La culture normale tue, à cette dose, en quarante-huit heures [1].

»Ces résultats amènent à conclure que les poisons utilisés, comme autorisaient à le prévoir leurs propriétés antiseptiques, tendent à diminuer la qualité du virus.

»Ainsi, chez les sujets intoxiqués, les bactéries, sans acquérir plus de virulence, se multiplient plus aisément que chez les animaux contaminés par ces bactéries, mais exempts d'intoxication.

»Cette action sur le virus est-elle directe ou dérive-t-elle d'une modification du terrain ? — L'absence d'exaltation du côté de l'élément qualité permet, dans une certaine mesure, de rejeter la première hyothèse et de supposer qu'on se trouve en présence d'une perturbation de l'économie retentissant sur ce virus. Toutefois, en pareille matière, l'expérimentation seule légitime une conclusion.

»On est ainsi logiquement conduit à rechercher l'explication de cet excès de quantité dans l'examen des changements possibles survenus dans l'organisme sous l'influence de l'introduction des toxiques.

»Expérience V.— Le 11 juillet 1894, on injecte 3^{cc} d'une culture du bacille du pus bleu dans le tissu sous-cutané de deux lapins également vaccinés contre ce bacille ; à ce niveau, on place des cellules de Ziegler, puis on fait pénétrer, dans le derme de l'un de ces lapins, loin de l'inoculation, 1^{cc} d'alcool et d'acide lactique dilué.

[1] Chacune de ces expériences a été répétée plusieurs fois ; le défaut d'espace nous oblige à ne rapporter que quelques types.



»Une, deux, trois, quatre heures après, on constate que, dans les tissus de l'animal empoisonné, les microbes sont plus abondants, les cellules migratrices plus rares, la phagocytose plus discrète.

»L'immunité de cet animal a, du reste, complètement fléchi ; il est mort au bout de cinq jours ; le second a résisté.

»EXPÉRIENCE VI. — Le 12 juillet, on saigne deux lapins vaccinés, dont l'un vient d'être intoxiqué.

»Leurs sérums ensemencés sont également bactéricides.

»La conclusion imposée par ces expériences, c'est que les corps toxiques mis en jeu amoindrissent la défense de l'économie luttant contre les agents pathogènes.

»Des deux principaux moyens de protection actuellement les plus connus, la phagocytose et l'état bactéricide, le premier semble être le seul compromis, du moins dans les conditions fixées par nous[1].

»Or, si, chez un animal donné, la destruction microbienne due à cette phagocytose n'a pas lieu, alors qu'elle se réalise chez un témoin, il est clair que, chez cet animal, les microbes ne tarderont pas à être plus abondants que chez ce témoin. — En définitive, on est en présence d'une perturbation frappant l'organisme et réagissant par voie indirecte sur le virus.

»En somme, nos recherches généralisent le rôle des poisons dans la genèse de l'infection : elles montrent qu'un virus, en vertu de l'action antiphagocytaire toxique, gagne en nombre sans devenir plus virulent. C'est, en dernière analyse, cette augmentation de nombre qui le rend, ici, plus redoutable, un virus valant principalement soit par sa qualité, soit par sa quantité. »

(30 juillet 1894).

(*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

[1] Cette atténuation est-elle due à ce que les phagocytes ne peuvent librement sortir des capillaires, en raison de certaines propriétés vaso-motrices attribuées à quelques-uns des principes utilisés par MM. Bouchard, Gley et Charrin ? Dépend-elle de ce que les toxiques employés lèsent ces phagocytes, etc.? On ne peut ici que poser des questions touchant ces sujets. — Dans l'immunité pyocyanique, les antitoxines sont sans grande importance ; nous les avons laissées de côté.

UNE MALADIE DES SARMENTS

LA GÉLIVURE DE LA VIGNE

Par G. FOEX et P. VIALA

I.

La maladie de la vigne à laquelle nous donnons le nom de *Gélivure* n'attaque directement que les sarments, lorsqu'ils sont en pleine végétation. Cette maladie avait été notée, en 1892, par M. Sauvageau et l'un de nous, sur quelques souches du vignoble de Candillargues (Hérault) ; le régisseur, M. Cancel, fit aussitôt détruire par le feu toutes les parties attaquées, et la maladie n'a pas reparu en 1893,

Cette année, nous l'avons observée sur une étendue plus importante aux environs de Sainte-Cécile (arrondissement d'Orange, Vaucluse); elle nous a été signalée par M. E. Palmier, propriétaire du vignoble de Ruth, où elle a sévi. Elle occupait un quart d'hectare environ, au milieu d'une vigne d'Aramon greffée sur Jacquez et établie dans un sol riche, à sous-sol argileux et un peu humide. La maladie a été reconnue dans la deuxième quinzaine de mai, et son intensité s'est accrue jusqu'à fin juillet ; la marche a été plus lente en août. Nous l'avons trouvée disséminée dans l'Allier, mais sur des points toujours restreints et sur des vignes françaises, principalement sur des provins. Dans l'Allier, les viticulteurs désignent, sous le nom d'*Echauffement*, le dépérissement, dans les terrains peu fertiles, de souches dont certaines présentent les caractères très nettement définis de la *Gélivure*, dont d'autres au contraire s'affaiblissent progressivement, à la suite des attaques, répétées pendant plusieurs années,

de la Maladie rouge (*Tetranychus telarius*). Nous avons reçu, de quelques points de l'Hérault, des sarments de Rupestris qui paraissent présenter les débuts des altérations que nous décrivons. Enfin M. de Sinety a observé, dans son vignoble d'Esparron (Var), et nous a adressé des rameaux de vignes attaqués par la même maladie qu'il a notée sur une vingtaine de souches d'Alicante-Bouschet, Petit-Bouschet et Aramon. Cette maladie des sarments, si elle prenait une grande extension et si elle ne pouvait pas être enrayée par des traitements, serait certainement d'une très grande gravité.

II.

Les feuilles ne présentent, dans leur limbe, aucune altération directe de la *Gélivure*, mais elles en subissent les effets indirects. Elles restent généralement vertes, excepté celles qui appartiennent aux ramifications secondaires qui poussent à la base des rameaux malades après qu'ils ont été envahis. Ces dernières sont rougeâtres ou zonées de plaques rougeâtres.

Les feuilles des rameaux principaux altérés se dessèchent, en restant d'un vert sombre, et molles lorsque les rameaux sont détruits rapidement. Lorsque la marche de la maladie est plus lente et graduelle, les feuilles restent plus petites tout en conservant leur teinte verte normale ; mais le parenchyme est rétréci entre les nervures qui paraissent occuper une surface relativement plus étendue que dans les conditions ordinaires et semblent plus épaisses et plus aplaties. Les dents sont moins aiguës et moins développées. Le pétiole est plus raccourci et renflé en certains points, avec de fausses lenticelles. Le tablier est souvent très réduit, le sinus pétiolaire étant en ligne droite. Sur les rameaux très altérés, les pétioles présentent les mêmes caractères d'altération que les jeunes rameaux.

En juin et en plein développement de la maladie, l'extrémité des jeunes rameaux herbacés et les pétioles des feuilles sont

d'abord d'un noir rougeâtre livide, puis d'un noir sombre et terne. Cette coloration ne gagne les nœuds qu'en dernier lieu ; les nœuds et le renflement d'insertion du pótiole sont spongieux quoique verts ou d'un jaune rougeâtre. Le sommet de ces jeunes sarments, ainsi altérés et excoriés par place, sèche rapidement en s'aplatissant et en se rétrécissant alors fortement au niveau des nœuds ; ils se désarticulent rarement.

L'altération qui débute *toujours* par le sommet herbacé des rameaux gagne progressivement vers la base, avec des différences de détails dans les altérations, suivant l'état de développement du rameau. Il est constant que des ramifications nombreuses poussent sur les rameaux principaux et même sur les rameaux secondaires, toujours au-dessus des parties malades. Ces nombreuses ramifications donnent aux souches attaquées un aspect en tête de chou ; elles peuvent être altérées à leur tour; mais si elles ont poussé en août ou septembre, elles restent saines, au milieu des autres rameaux altérés ou desséchés, ce qui imprime aux souches un caractère assez particulier.

Un autre fait non moins constant sur les sarments principaux ou sur les sarments secondaires envahis est celui de l'inégal développement des mérithalles. Les nœuds sont plus serrés, mais ils sont inégalement serrés et par séries sur le même sarment; ils forment sur certains rameaux comme trois couronnes emboîtées, avec les bourgeons pointus et comprimés entre ces couronnes, puis le sarment continue avec des nœuds plus distants jusqu'à un niveau où les nœuds sont plus serrés et souvent emboîtés. Ces nœuds sont plus renflés qu'à l'état normal et toujours altérés en dernier lieu ; ils restent même très souvent tous sains sur des sarments envahis du sommet à la base.

Le noircissement de tout le sarment, tel que nous l'avons signalé, ne s'observe que sur les jeunes sommets et aux premières périodes de la maladie. Sur les mêmes sarments et au-dessous, ou sur les sarments de grosseur moyenne au début de l'invasion, les caractères de l'altération s'observent par bandes

longitudinales très tranchées sur le fond vert ou vert jaunâtre des mérithalles. Ces bandes sont d'abord d'un brun rougeâtre et plus brillantes, puis d'un brun foncé; elles s'étalent peu à peu comme si elles se diffusaient sur leurs bords; de filiformes qu'elles étaient, elles gagnent peu à peu tout le mérithalle en descendant toujours vers sa partie inférieure et en restant nettement délimitées, par leur teinte, des régions encore saines. Ces colorations tranchées sur un même sarment ressemblent assez aux altérations résultant de certains accidents météorologiques ; elles se retrouvent aussi, d'une façon assez analogue, sur les sarments aoûtés irrégulièrement par bandes longitudinales, ou sur certains Riparias et Rupestris, à écorce lisse et luisante, qui prennent des teintes variées sur un même mérithalle à la fin de l'automne. Mais ces colorations, qui ne sont pas pathologiques dans ce dernier cas, sont bien différentes, pour la *Gélivure*, dans leur évolution ultérieure.

L'altération, après avoir gagné tout le mérithalle et l'avoir rendu d'un brun rougeâtre foncé et terne, se fendille par places ou s'excorie par régions suivant des lignes plus ou moins étendues. L'excoriation intéresse toute l'écorce jusqu'à la couche génératrice. Lorsque l'excoriation ne pénètre pas jusqu'à la couche génératrice, ou si elle se produit sur des sarments tardivement attaqués à la fin de l'automne, les faisceaux de fibres libériennes restent seuls desséchés et en fines lanières comme si le sarment avait été raclé par une cause mécanique.

Les altérations sont parfois en plaques disséminées (*échauffement*) et non en bandes continues ; dans ce cas, l'excoriation et les altérations subséquentes, plus profondes, se produisent plus lentement. Ces plaques, de 1 à 5 millim., irrégulières, sont stationnaires dans leur extension ; elles se surélèvent par suite de la prolifération du tissu conjonctif de l'écorce, en prenant d'abord une teinte brun jaunâtre, puis d'un rouge luisant. A la fin de l'automne, elles s'excorient et tombent, et les fibres libériennes restent tendues et desséchées, à la surface de la

petite plaie mise ainsi à nu, sur les rameaux ou les pétioles qui sont restés à cet état primitif d'altération, ce qui est l'exception.

Les caractères les plus distinctifs et les plus curieux de la Gélivure succèdent aux altérations superficielles que nous venons de décrire. Des altérations gagnent peu à peu, presque toujours, l'intérieur du sarment et vont jusqu'à la couche génératrice. Le rameau, coloré sur tout le pourtour du mérithalle, se fend jusqu'à la couche génératrice ; ces vraies fentes sont toujours disposées suivant des lignes comme l'étaient les bandes primitives d'altération et se produisent en pleine période du développement de la maladie, par conséquent pendant l'été. La fente est graduelle et se creuse peu à peu ; il semble que le sarment soit éclaté. Les deux lèvres de la fente s'écartent progressivement et assez lentement, et proéminent peu sur la surface du rameau herbacé. Si les fentes se produisent tardivement sur des bois déjà en aoûtement, il y a sur les parois une légère prolifération de tissus de cicatrisation, irrégulière et peu mamelonnée, suivie bientôt d'une subérification qui donne à la plaie un aspect rugueux et une couleur de liège. Ces plaies vont, en profondeur, jusqu'à la couche génératrice et n'intéressent directement le bois que sur une épaisseur insignifiante.

Les fentes sont plus ou moins étendues. Elles forment parfois de petites boutonnières, à lèvres plus ou moins proéminentes, suivant que la prolifération des tissus de cicatrisation des parties latérales est plus ou moins grande. Ces boutonnières peuvent avoir seulement 1 centim. ou 1 centim. 1/2 de long et être disséminées sur le mérithalle ; elles partent le plus souvent d'un nœud et sont comme coupées au milieu à son niveau; les nœuds sont toujours intacts, et ce fait est constant pour toutes les diverses manifestations des altérations. D'autres fois, les fentes en boutonnières sont disposées en séries plus ou moins rectilignes, sur toute ou la plus grande partie de la longueur du mérithalle ; elles sont placées bout à bout et séparées seulement par une étroite lanière d'écorce desséchée.

Le plus souvent, toutes les faces du sarment sont éclatées par des fentes de même nature, mais plus grandes ; elles ont de 2 à 4 centim. de long et sont placées au centre du mérithalle ; ou bien elles le parcourent dans toute sa longueur d'un nœud à l'autre, en restant béantes sur la plus grande partie de leur étendue et en forme de fissure vers les nœuds. Beaucoup des fentes qui n'occupent que le tiers ou le quart du mérithalle partent directement au-dessous du nœud où est située leur plus grande ouverture. Toutes ces fentes s'enfoncent en coin jusqu'à la couche génératrice sur une profondeur de 1 à 3 millim.; l'ouverture des fentes est de 1 à 4 millim. Les fentes qui se produisent indirectement sur les bois déjà secs à la suite de la mort des souches ont quelque analogie avec celles-ci ; les cicatrisations et la forme les en différencient ; en outre, les bois, ainsi fendillés à leur surface, sont parfaitement verts et vivants à leur intérieur. Certains gros sarments sont, dans ces conditions, entièrement dilacérés sur toute leur surface, les fentes séparées par autant de lanières d'écorces déchiquetées. Il n'y a aucune comparaison à faire entre ces fentes et celles qui résultent des coups de grêle, ou entre elles et les chancres de l'Anthracnose maculée.

Sur les gros sarments altérés ou sur les ramifications principales attaquées de bonne heure, on trouve toutes les phases du développement de la *Gélivure* qui progresse constamment du sommet à la base. Outre les caractères directs d'altération, la *Gélivure* se manifeste à la base des rameaux malades par des caractères indirects très curieux. Sur les parties encore saines des ramifications principales et que la maladie n'a pas encore gagnées, a lieu une prolifération très abondante de ponctuations qui ressemblent beaucoup aux papules de l'Anthracnose ponctuée. Ces ponctuations, sériées suivant les stries des mérithalles, surélevées d'un demi ou d'un millimètre et de même diamètre, sont irrégulièrement sphériques. Elles se traduisent d'abord par un petit point microscopique de teinte plus claire que

le vert du mérithalle ; puis, en grossissant, elles deviennent successivement d'un vert rougeâtre, d'un rouge brun et définitivement d'un brun luisant qui tranche fortement sur le fond jaunâtre ou vert du sarment. Elles se multiplient d'une façon réellement extraordinaire et deviennent tangentes par régions irrégulières, mais elles sont toujours individuellement distinctes par leur centre plus proéminent. Le nombre de ces ponctuations, à la base des sarments herbacés malades, est tellement grand qu'il reste à peine quelques plages intactes. Le sarment, ainsi criblé, est fortement rugueux, comme chagriné. Sur les sarments très altérés, ces ponctuations deviennent plus foncées et ternes ; elles disparaissent lorsque l'excoriation intéresse les parties qu'elles occupent ou lorsque les fentes se produisent. Dans les régions où ces altérations subséquentes n'ont pas lieu, elles persistent et sont définitivement d'un noir foncé comme le mérithalle ; elles finissent par s'aplatir, l'épiderme qui les recouvre se dessèche au-dessus et forme comme une poussière blanchâtre.

Ces ponctuations sont des productions subéreuses, de fausses lenticelles. Le tissu générateur qui les produit, contrairement à celui des lenticelles vraies, est peu abondant et disparaît rapidement par subérification. Ces fausses lenticelles possèdent souvent à leur base des dépôts amorphes de chaux. On pourrait peut-être en déduire que c'est l'irritation produite par ces dépôts de chaux qui est une cause de leur formation. Mais ce dépôt de chaux, très fréquent dans l'écorce pour la *Gélivure*, n'a pas lieu seulement à la base des fausses lenticelles. On trouve souvent, dans les parties non chagrinées de la base des rameaux, des dépôts très abondants de sels de chaux amorphes qui occupent deux ou trois séries des cellules parenchymateuses de l'écorce et les bourrent entièrement sur une profondeur de plusieurs cellules, en conservant toujours un aspect granuleux. Les fausses lenticelles se développent, quoique moins abondamment que pour la *Gélivure*, sur les vignes auxquelles on communique

artificiellement la chlorose par les sels de chaux. Une prolifération analogue de ponctuations à la base des sarments a été déterminée par M. G. Rabault et l'un de nous dans des expériences faites sur des vignes soumises à des écimages très énergiques et souvent répétés. La mortification complète du sommet des rameaux par la *Gélivure* semblerait donc être la cause de cette production indirecte et exagérée de fausses lenticelles à leur base. Il se peut, cependant, que, par suite de la suppression pathologique ou mécanique du sommet des rameaux et de l'arrêt de développement forcé qui en résulte, il y ait un dépôt abondant de sels de chaux qui seraient la cause déterminante de la production des lenticelles; mais cette explication demanderait à être appuyée sur des faits d'observation plus nombreux.

Les pustules ou fausses lenticelles finissent par former une poussière subéreuse ; les cellules s'isolent à leur surface tout en restant en place. Elles ont pu être prises pour des spores ; en tous cas, la poussière qu'elles forment s'humecte facilement dans les milieux humides; elle est le réceptacle mécanique de nombreuses spores de moisissures accidentelles qui, en germant, recouvrent les sarments altérés d'un lacis abondant de mycélia variés dont la présence pourrait induire en erreur sur la cause de la *Gélivure.*

En pleine période de développement de la maladie sur les sarments herbacés, on trouve ces fausses lenticelles à leur base. Les fentes se produisent ensuite et succèdent au noircissement des sommets, mais avec des caractères ultérieurs très particuliers et aussi très caractéristiques. Les éclatements, intéressant toute l'écorce jusqu'au niveau de la couche génératrice, sont suivis par des phénomènes de cicatrisation parfois très exagérés et qui ont lieu aux dépens de la couche génératrice, à la suractivité de laquelle s'ajoute plus rarement la prolifération des premières cellules des rayons médullaires du bois.

Les fentes en boutonnières, isolées ou superposées en lignes aussi bien que les grandes fentes étendues sur tout ou partie des

mérithalles, sont d'abord cause d'un arrêt d'élongation du mérithalle même sur les gros sarments. Ceux-ci sont plus court noués, presque toujours les mérithalles et les nœuds sont plus renflés dans un sens et aplatis dans l'autre, les fentes cicatrisées situées sur la région la plus comprimée du rameau. D'autres fois, tout le mérithalle, raccourci, est comme boursouflé dans toutes ses parties à la suite de la cicatrisation ; les bourgeons sains sont relativement énormes, par rapport à leur état normal, sur les nœuds toujours intacts.

Par suite de la prolifération exagérée de la couche génératrice, les tissus de cicatrisation éclatent davantage l'écorce, qui limite les fentes cicatrisées par des lignes parfaitement droites. Les tissus cicatriciels, formés des deux côtés de la plaie, exactement soudés et surélevés même, surtout dans les fentes en boutonnières, sont continus et ne laissent pas, comme dans les lésions de la grêle un plafond sec, ou un plafond déchiqueté et en forme de chancre comme dans l'Anthracnose maculée. La surface des tissus cicatriciels, rebondie et vaguement mamelonnée, se subérifie légèrement en prenant une teinte blanc roussâtre.

Les cicatrisations peuvent aussi se produire, mais plus rarement, dans le cas d'excoriation simple des mérithalles sans éclatement. Elles sont alors moins intenses ; elles ont lieu aux dépens du tissu conjonctif de l'écorce et intéressent toute la plage excoriée.

Les caractères anatomiques de ces cicatrisations ne présentent rien de particulier. Cet aspect des sarments ainsi excoriés, noircis au sommet, chagrinés sur toute leur longueur, fendus ou avec fentes fortement cicatrisées, est très caractéristique de la Gélivure.

Ce sont là les phases diverses que présentent les caractères de la *Gélivure*. La maladie peut être stationnaire et s'arrêter à chacune de ces diverses phases ; mais les altérations peuvent franchir la phase des fentes et de la cicatrisation. Assez souvent,

la maladie s'arrête, surtout sur la base des gros sarments, à la période des fentes cicatrisées. D'autres fois, la mort totale du sarment survient progressivement jusqu'à leur base et après que les cicatrisations ont eu lieu. Le sarment tout noirci et chagriné, avec les tissus cicatriciels affaissés et ramollis, se dessèche complètement. Cette dessiccation, avec noircissement ou brunissement extérieurs, progresse nettement de haut en bas, et, quoique graduelle, est assez rapide, surtout en juin. La dessiccation totale du rameau, écorce, bois et moelle, est complète; les bourgeons et les nœuds sont noircis et desséchés en dernier lieu.

La moelle présente des caractères qui pourraient être considérés comme particuliers, mais qui se retrouvent dans tous les cas où les sarments meurent pour une cause quelconque, accidentelle ou parasitaire. Elle devient d'abord plus foncée ; elle brunit ensuite peu à peu et meurt plus rapidement que les autres tissus, ce qui est normal. Les cellules, à parois minces et peu résistantes qui la composent, noircissent et s'aplatissent. Le cylindre médullaire se vide en partie par rétraction des cellules, et la moelle se dispose assez souvent en disques superposés dans son intérieur. Lorsque le sarment est desséché par la *Gélivure* depuis quelque temps, on trouve parfois, dans l'intérieur du canal médullaire en partie vide, des moisissures saprophytes qui n'ont aucun effet parasitaire et se présentent sous forme d'un léger lacis aranéeux. Si la mortification complète des rameaux se produit en mai ou juin et dans des terrains humides, les moelles noircies paraissent moisies, mais on n'y trouve aucun parasite, pas même de bactéries si on les étudie à l'abri de toute infection étrangère.

Le bois, fait à bien noter, paraît, dans toutes ses régions, désséché normalement ; on ne peut non plus y observer aucun parasite. Les altérations directes résident exclusivement dans l'écorce et s'étendent seulement jusqu'à la couche génératrice ; les altérations des parties plus profondes ne sont qu'un résultat indirect de la maladie.

Les altérations que nous venons de décrire à leurs stades divers se présentent évidemment à la fois sur une même souche et sur un même sarment. Contrairement à ce qui a lieu pour certains accidents météorologiques, tels que le Folletage, tous les sarments d'une même souche ne sont pas également détruits. Ceux qui sont attaqués ne sont pas toujours forcément amenés à la destruction complète dans toute leur longueur. En outre, l'affection, quoique assez rapide, est toujours graduelle sur un même sarment ou sur les sarments d'une même souche. Les pieds de vignes attaquées ont le tiers, parfois les trois quarts de leurs sarments desséchés en partie ou totalement. Les parties sèches du sommet des rameaux malades, les plus jeunes, s'affaissent et tombent ; elles se désarticulent, mais toujours au-dessous des nœuds qu'elles entraînent, et le cylindre médullaire, mis à nu, paraît comme vide sur le fragment de sarment qui reste et qui, sec au sommet, est souvent encore vert à la base. On voit ainsi des souches avec la plus grande partie de leurs sarments desséchés, noircis et comme pincés au sommet, avec leur base encore verte et criblée de ponctuations rougeâtres ; ces sarments altérés sont entremêlés à quelques rares ramifications saines, au début de la maladie qui brunit leur sommet, et à des rejets vigoureux qui partent en grand nombre de la base des premiers rameaux altérés. Cet aspect imprime aux couches atteintes de la *Gélivure* un caractère d'ensemble très particulier et qu'on ne retrouve dans aucune autre maladie de la vigne.

La gravité de la *Gelivure*, dans ces dernières conditions, est évidemment très grande ; elle pourrait amener la mort des souches au bout de deux ou trois ans. D'ailleurs, à Sainte-Cécile, le bois des bras et même des troncs des souches les plus malades était zoné de brun ; ces parties indirectement altérées s'étalaient vers la région des sarments desséchés, mais elles n'étaient envahies par aucun parasite. La suppression répétée des organes extérieurs causerait certainement la mort de la plante. Les racines, dans tous les cas observés, étaient par-

faitement saines et exemptes de tout parasite; les vignes, limitrophes des parties malades, situées dans le même sol des mêmes vignobles, étaient très fructifères et très vigoureuses. Sur les vignes envahies, les fruits sèchent de très bonne heure et dans l'état où ils sont au moment où les rameaux qui les portent sont attaqués.

III.

La *Gélivure* nous paraît être de nature microbienne. Les nombreux faits d'observation que nous avons réunis à ce sujet nous permettraient de l'affirmer, si l'observation seule était suffisante pour les maladies microbiennes. Mais les observations les plus rigoureuses et les plus répétées doivent, dans ces cas, être vérifiées et confirmées d'une façon précise par l'expérimentation. Le microbe que l'on retrouve dans toutes les lésions de la *Gélivure* a été isolé à plusieurs reprises et cultivé sur divers milieux artificiels, toujours avec le même résultat et les mêmes caractères morphologiques et de développement ; les formes se sont maintenues semblables à elles-mêmes et semblables à celles que l'on observait dans les tissus. De très nombreux essais d'inoculation, faits d'une façon variée et par des procédés divers à une époque tardive, il est vrai, n'ont donné aucun résultat positif. Il nous a été impossible d'obtenir en août, par le microbe des cultures, le développement des lésions sur les sarments en partie aoûtés, les seuls sur lesquels nous pouvions faire les inoculations. Nous considérons donc que la nature microbienne de la *Gélivure* demande encore à être démontrée et que notre opinion doit rester, jusqu'à preuve plus scientifique et plus complète, comme une simple hypothèse.

Tous les caractères du développement successif des lésions de la *Gélivure*, ceux de son extension progressive sur les rameaux d'une même vigne ou sur les pieds d'un même vignoble, ne permettent d'avoir aucun doute sur la nature parasitaire de

l'affection. Le seul organisme que nous ayons trouvé est une bactérie. On l'observe d'abord dans les cellules de l'épiderme des rameaux herbacés, puis dans les cellules parenchymateuses de l'écorce, ou dans les méats intercellulaires, des diverses lésions que nous avons décrites. Elle existe très rarement dans les cellules les plus superficielles de la couche génératrice ; mais, et c'est là un fait très particulier, elle ne se développe jamais dans les couches plus profondes des tissus des rameaux envahis. On ne constate pas non plus sa présence dans les cellules des parois des fentes simples ou dans les tissus si extraordinairement développés des fentes cicatrisées. Cette bactérie est donc concentrée dans les diverses cellules conjonctives des tissus extérieurs qu'elle remplit parfois entièrement.

Nous n'insisterons pas davantage sur ce point spécial des études que nous poursuivons actuellement sur cette bactérie. Il nous suffira d'ajouter que le microbe, que l'on trouve associé aux lésions de la *Gélivure*, est une bactérie en forme de petits bâtonnets, mobiles et probablement ciliés, courts, cylindriques, un peu renflés en leur centre et par suite en forme de tonneau, incolores ; leurs dimensions moyennes sont de $12\mu20$ ($0^{mm}0012$) en longueur, $0\mu50$ en diamètre ($0^{mm}C005$) ; ces dimensions varient, pour la longueur, de $18\mu0$ à $0\mu90$ et, pour le diamètre, de $0\mu60$ à $0\mu55$. La bactérie de la Gélivure forme des spores sur certains milieux de culture ; ces spores sont au nombre de deux par bâtonnet.

IV.

M. de Sinety n'a pu obtenir, dans son vignoble d'Esparron (Var), aucun effet marqué sur la *Gélivure* par les divers traitements usités contre les maladies cryptogamiques. Par contre, les résultats auxquels est arrivé M. E. Palmier, à Sainte-Cécile (Vaucluse), paraissent concluants et semblent confirmer aussi que les altérations sont réellement superficielles et n'intéressent que les tissus de la surface des rameaux.

M. E. Palmier, croyant ses vignes envahies par l'Anthracnose, a essayé les traitements qui ont été conseillés par l'un de nous contre cette affection pendant la période de son plein développement. Il a traité les vignes envahies par un mélange de soufre et de chaux du Teil (50 °/₀ soufre et 50 °/₀ chaux du Teil; les applications ont été répétées six fois, à huit jours d'intervalle, avec le plus grand soin. Une partie des vignes malades a été laissée comme témoin sans traitement, ce qui donne une valeur réelle aux déductions. Dès le premier traitement, il y a eu arrêt relatif de développement sur les parties traitées à la suite des traitements réitérés ; la maladie n'a plus fait de progrès. Les raisins sont arrivés à maturité; de nouveaux rameaux très vigoureux avaient poussé à la base des premiers sarments attaqués; ils ont été traités énergiquement par le même mélange et sont restés parfaitement sains. Les ceps non traités, au contraire, ont perdu totalement leurs fruits, qui se sont desséchés avec les rameaux, et la maladie a progressé sur les pieds témoins jusqu'au 15 septembre, époque à laquelle elle a paru s'arrêter naturellement. Cette expérience de traitement demande certainement à être vérifiée ; mais à cause de son caractère comparatif, elle nous paraît avoir une certaine valeur et prouver par suite que la *Gélivure* peut être combattue avec chances de succès[1].

(Extrait de la *Revue de Viticulture*, tom. I. — 1894.)

[1] En 1894, de nouveaux traitements ont été faits et la portion de la vigne malade l'année précédente avait sa végétation normale, sans arrêt de développement des extrémités, on ne voyait aucune fausse lenticelle à la base des sarments, mais seulement quelques fentes peu nombreuses et peu étendues avec cicatrisation.

ÉTUDE

DE

L'ÉTAT PHYSIQUE DU CALCAIRE

CONSIDÉRÉ

COMME CAUSE DÉTERMINANTE DE LA CHLOROSE

Par MM. F. HOUDAILLE et L. SEMICHON

I. — La Chlorose et le Calcaire.

A. Historique.

Nous nous sommes proposé, dans la première partie de notre travail sur la détermination de l'état physique du calcaire, de faire l'historique des divers faits observés qui ont établi le rôle essentiel joué par le calcaire dans le développement de la *chlorose* de la vigne. Nous analyserons avec plus de concision les diverses causes étrangères à la présence du calcaire, invoquées pour expliquer l'accident de la chlorose, car, bien que nous ne méconnaissions pas l'importance de quelques-unes d'entre elles, elles présentent toutefois des rapports moins directs avec le sujet de notre étude. Enfin nous laisserons également de côté, pour la même raison, l'historique des divers traitements proposés pour combattre la chlorose, et nous ne mentionnerons à ce sujet que les seuls faits qui pourraient apporter un éclaircissement utile sur le mode d'action du calcaire.

En 1843, Eusèbe Gris [1] rapportait le jaunissement des végé-

[1] Eusèbe Gris ; *De l'action des composés ferrugineux sur la végétation* Paris, 1843.

taux à l'altération de la chlorophylle et signalait l'action exercée par divers sels de fer, pour provoquer le reverdissement des feuilles chlorosées. Cette étude a été complétée, en 1857, par Arthur Gris [1], son fils.

En 1848, Dunal [2] signalait la présence du châtaignier, plante calcifuge, dans certains sols calcaires, et montrait que ces sols calcaires, se prêtant exceptionnellement au développement du châtaignier, contenaient toujours de la silice.

En 1861, le Dr J. Guyot [3] décrit la maladie du *cottis* ou *pousse en ortille*, dans le département de la Charente-Inférieure. Les feuilles se recroquevillent et passent à l'étiolement blanchâtre. Cette maladie paraît résider dans le sol; elle se manifeste plutôt dans les terres blanches que dans les terres rouges. La prédilection de cette affection pour les terres blanches et pour les ceps à jus rouge semble indiquer que l'absence de l'élément ferrugineux n'est pas étrangère à son développement.

M. Chatin [4] signalait, en 1870, l'obstacle apporté au développement du châtaignier par la présence de 2,5 à 3 °/° de chaux dans le sol.

En 1874, M. Boussingault [5] montrait que les feuilles chlorosées et les feuilles vertes préalablement desséchées contenaient des quantités de fer à peu près équivalentes.

En 1873, M. L. Vialla [6] rend compte d'une enquête sur les terres des environs de Montpellier et constate que partout les terres silico-ferrugineuses sont indemnes de chlorose. Quelques mois plus tard, M. Audoynaud [7] montrait que les plants améri-

[1] Arthur Gris; *Annales des sciences naturelles*, tom. VII, 4e série, 1857.

[2] Dunal, *De l'influence minéralogique du sol*, Montpellier, 1848.

[3] Dr J. Guyot, *Rapport sur la viticulture du département de la Charente-Inférieure*, Paris, 1861.

[4] Chatin; *Le châtaignier, terrains qui conviennent à sa culture. Bulletin de la Société botanique de France*, 1870.

[5] Boussingault, *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, 1874.

[6] L. Vialla, *Des vignes américaines et des terres qui leur conviennent*, in *Messager agricole*, 1873.

[7] Audoynaud, *Messager agricole*, novembre 1873.

cains venus en terre silico-ferrugineuse ne renferment que de faibles quantités de silice et de fer. D'autre part, MM. Fliche et Grandeau [1] démontraient que le pin maritime, espèce essentiellement calcifuge, même en terrain siliceux ne renfermant que 1/2 °/₀ de calcaire, pouvait cependant présenter 40 °/₀ de chaux dans ses cendres.

En 1880, M. Déjardin [2] étudiait parallèlement la résistance et l'adaptation des vignes américaines dans le département du Gard. Il émettait l'avis que l'adaptation marchait de pair avec la résistance. Les sols les plus réfractaires aux vignes américaines sont ceux qui présentent la teneur la plus élevée en calcaire, mais beaucoup d'autres éléments peuvent intervenir pour favoriser l'adaptation. Les propriétés physiques du sol interviennent peu, le rôle essentiel est joué par les propriétés chimiques. L'auteur examine l'influence de l'azote, de l'humus, de la chaux, de la potasse, de la soude, du fer, de l'acide phosphorique et de la magnésie. Il accorde une influence prépondérante à la magnésie pour favoriser la résistance et l'adaptation des vignes américaines.

A la même époque, M. Chauzit [3] comparait l'analyse physique et chimique de divers sols avec le développement des vignes américaines. L'adaptation des cépages américains apparaît à l'auteur comme une conséquence des propriétés physiques et chimiques des sols et sous-sols.

En 1881, M. L. Vialla [4] signalait les résultats favorables obtenus par l'emploi de l'Othello pour reconstituer des terrains blancs et un peu marneux.

[1] Fliche et Grandeau; *Influence de la composition chimique du sol sur la végétation du pin maritime*, in *Annales de la science agronomique*. 1878.

[2] Déjardin; *Recherches et observations sur la résistance de la vigne au phylloxera*, 1880.

[3] Chauzit; *Recherches sur quelques terres où l'on a planté la vigne américaine*, in *Messager agricole*, septembre 1880.

[4] L. Vialla; Compte rendu des réunions viticoles de Montpellier, 1881.

M. Millardet [1] étudie la distribution des diverses espèces de vignes américaines dans les différents climats où elles se développent en Amérique. Se basant sur des analogies de climat, M. Millardet pense que les cépages adaptés au climat méditerranéen devront être recherchés dans les États du Texas, du Nouveau-Mexique et de la Californie. Ceux propres au climat girondin devraient plus spécialement être rencontrés dans l'État du Missouri. Il étudie l'influence de la silice et celle du fer, signalée par M. Despetis et M. L. Vialla, et montre qu'il n'y a pas de relation immédiate entre la quantité de fer contenue dans le sol et celle retrouvée dans les plantes. Le fer agirait physiquement en favorisant l'absorption de chaleur par le sol. Le sable faciliterait le drainage du sol et préviendrait l'influence nuisible de l'humidité.

M. Audoynaud [2], rappelant l'opinion émise par M. Millardet sur le rôle du fer, pense que la constitution physique du sol détermine plutôt que sa couleur ses conditions d'échauffement. Le sable retenant moins d'eau s'échauffera davantage, et le sol sera d'autant plus froid qu'il contiendra plus d'argile et de calcaire avides d'eau. La coloration du sol ne marche pas d'ailleurs de pair avec la proportion de silice. Mais les sols silico-ferrugineux des environs de Montpellier sont riches en potasse et se prêtent à la facile diffusion de cet élément.

M. Foëx [3] analyse les observations de MM. Vialla, Millardet, Chauzit et Audoynaud et conclut que l'absence d'éléments fertilisants n'est pas la cause de la chlorose. L'observation du développement de l'Herbemont chlorosé montre que l'évolution des bourgeons radiculaires y est en retard sur celui des bourgeons extérieurs. Les sols où l'Herbemont ne se chlorose pas

[1] Millardet; *Adaptation au climat et au sol*, in *Journal d'agriculture pratique*, 1881.

[2] Audoynaud; *Journal de l'Agriculture*. 1881. *Adaptation au sol des cépages américains*.

[3] G. Foëx; *Causes de la chlorose chez l'Herbemont* (*Revue des Sciences naturelles de Montpellier*, 1881).

s'échauffent de bonne heure au printemps, soit par suite de leur égouttement plus facile, soit par suite de leur coloration foncée qui facilite l'absorption calorifique. L'application de divers colorants, coke, terre rouge, à la surface des sols à Herbemont chlorosé élève leur température et prévient le développement de la chlorose.

En 1882, M. Planchon[1] décrit la maladie du Cottis ou pousse en ortille telle qu'elle se présente aux environs de Montpellier, et l'assimile à l'affection décrite par le Dr J. Guyot. Il montre qu'il n'y a qu'une différence de degré entre le jaunissement simple et le cottis. Il admet l'influence utile du fer soit comme aliment de la plante, soit comme agent facilitant l'échauffement du sol; il conclut que, si l'on peut essayer les traitements aux sels de fer, il vaut mieux s'abstenir de planter dans les terres crayeuses, marneuses ou travertineuses.

Le Dr Despetis[2] considère le Riparia comme l'un des cépages les moins difficiles sur la nature du sol; cependant il est fort médiocre sur des coteaux très calcaires, où le Jacquez et le Solonis sont beaux. D'autre part, M. Verneuil signalait les échecs des plants américains dans les calcaires blancs et tendres et dans les sols marneux blancs des Charentes.

En 1883, le Dr Griffiths[3], étudiant l'emploi du sulfate de fer en agriculture, signalait son action plus spécialement active sur les plantes riches en chlorophylle et vérifiait expérimentalement le fait que le sulfate de fer augmentait la proportion de chlorophylle dans les feuilles.

En 1884[4], M. Couderc constate que le York-Madeira jaunit moins que le Riparia dans les terres calcaires blanches; le Solo-

[1] J.-E. Planchon; *Le cottis ou pousse en ortille*, in *Vigne américaine*, 1881.

[2] Despetis; Réunions viticoles de Montpellier, 1882.

[3] Dr Griffiths; *Sur l'emploi du sulfate de fer en agriculture*, in *Journal of chimical Society*, année 1883, et in *Annales de la science agronomique*. Nancy, 1887, tom. II, fasc. III

[4] Compte rendu des réunions viticoles de Montpellier, 1884.

nis s'y développe mieux que l'un et l'autre de ces cépages. M. Sabatier signale la bonne tenue du Rupestris dans un terrain où le sous-sol de marne blanche est rencontré à $0^m,20$ de profondeur. M. Foëx indique des cas de dépérissement du Rupestris à la rencontre des marnes blanches. M. Planchon fait remarquer la réussite particulière du Jacquez dans les terres blanches, où peu de variétés prospèrent. M. L. Vialla expose les causes de dépérissement des greffes de Riparia au Mas-de-Plagnol, près Montpellier. L'accident se serait produit à la suite de la suppression des racines émises par le greffon. M. U. Coste attribue cet accident à l'anthracnose, M. Viallettes à un traitement exagéré au sulfate de fer; mais pour M. Despetis l'échec du Mas-de-Plagnol serait une complication de la chlorose.

En 1885, M. Cazeaux-Cazalet[1], étudiant les causes de la chlorose dans un vignoble situé à mi-pente d'un coteau fort argileux et quelque peu calcaire, les rapporte à la compacité du sol provoquée par son humidité exagérée au printemps. Le chevelu des racines de Riparia est moins abondant sur les points chlorosés. Dans les réunions viticoles[2] tenues la même année à Montpellier, M. L. Vialla estime que, dans les terres blanches, le Jacquez est le plus résistant de tous les cépages. M. Despetis signale néanmoins un cas de chlorose sur Jacquez en terre blanche. M. Laurent attribue au greffage l'étouffement partiel du sujet par le greffon et rapporte à cette cause les cas d'affaiblissement et de mortalité constatés sur les greffes de Riparia. M. Viallettes signale la résurrection des Riparia du Mas-de-Plagnol.

En 1886, M. Cazeaux-Cazalet[3] confirme ses observations sur l'arrêt de développement des racines provoqué par la compacité du sol. La chlorose la plus grave se développe dans les sols

[1] Cazeaux-Cazalet; *La chlorose au comice de Cadillac.*

[2] Compte rendu des réunions viticoles de Montpellier, 1885.

[3] Cazeaux-Cazalet; Communication sur l'adaptation au sol, avril 1886, et Rapport au comice de Cadillac après l'enquête de juillet 1886.

argileux et calcaires avec sous-sol imperméable. Le drainage paraît être le remède unique et souverain de la jaunisse.

Le 23 juillet 1886, le Comité central d'études et de vigilance de la Charente-Inférieure, sous la présidence de M. Menudier, émet le vœu, dont M. Verneuil avait été le promoteur, qu'une mission soit envoyée en Amérique pour y rechercher les cépages susceptibles de s'adapter aux terres crayeuses. En décembre, un vœu semblable était formulé par la Société centrale d'Agriculture de l'Hérault.

M. Sahut[1] rappelle les cas de chlorose antérieurement observés sur l'Aramon et les cépages indigènes. L'accident était en général déterminé par un temps froid succédant à une série de beaux jours chauds et humides. La chlorose des vignes américaines doit être rapportée : 1° aux accidents de greffage ; 2° à la non-adaptation au sol. Le sol à Riparia doit être profond, perméable et siliceux.

M. Rougier[2] n'estime pas que le Riparia se chlorose dans tous les sols calcaires, mais il signale l'action particulièrement chlorosante exercée dans l'Hérault par une couche spéciale du terrain tertiaire pliocène désignée par M. de Rouville sous le nom de marnes fluviatiles. Dans l'Ardèche[3], la chlorose se développe dans les terrains gréseux non calcaires, mais argileux et humides. La vigne prospère au contraire dans les terrains calcaires de l'Oxfordien et du Crétacé.

M. Chauzit[4] constate, dans le Gard, que les greffes sont belles dans les terrains argilo-calcaires profonds à sous-sol de même nature. Dans les terrains argilo-calcaires profonds à sous-sol marneux des environs d'Aigues-Vives et de Calvisson, les vignes

[1] F. Sahut ; *La jaunisse ou chlorose des vignes*, in *Progr. agric.*, 8 août 1886.

[2] Rougier ; *Le Riparia et les terrains calcaires* (*Progrès agricole*, 20 août 1886).

[3] Id. ; *La reconstitution des vignobles dans l'Ardèche* (*Progrès agricole*, 21 novembre 1886).

[4] Chauzit ; Enquête viticole faite par la Société d'agriculture du Gard (*Progrès agricole*, novembre 1884).

greffées sont chlorosées, et quelques pieds succombent à cette maladie.

En 1887, au cours des réunions viticoles de Montpellier [1], M. Despetis reconnaît que le sous-sol formé de rognons de marne ou de marne compacte détermine la chlorose ; mais, dans le plus grand nombre de cas, il faut en rechercher la cause dans l'excès d'humidité du sol. M. Foëx, comparant la marche de la chlorose avec celle des éléments météorologiques en 1884, 1885 et 1886, rapporte la chlorose à l'échauffement tardif du sol au printemps.

M. Planchon distingue chlorose et cottis : la première affection, peu grave, serait due aux printemps froids ; la seconde mortelle, aux marnes calcaires friables à l'humidité. Des débris de pierres calcaires, déposés au pied de platanes, en ont déterminé la jaunisse. M. Leenhardt signale l'apparition de la chlorose dans le sol de Verchant au moment où les racines, ayant traversé la couche de diluvium alpin, épaisse de $0^{m},75$ à 1 mèt., sont arrivées aux marnes blanches. Mme la duchesse de Fitz-James signale, dans les Charentes, la résistance à la chlorose des Rupestris à feuilles couleur de plomb.

M. Bisset [2] admet, avec M. Bringuier, que la chlorose est due à l'altération de la chlorophylle. Cette altération étant déterminée par l'excès d'humidité et l'alcalinité du sol, il conviendrait de drainer le sol et de le rendre acide. La chlorose devra se développer dans tous les sols basiques, calcaires, argilo-calcaires ou argileux.

M. le Dr Vialettes [3] cite parmi les terrains déterminant plus spécialement la chlorose, la couche de marnes fluviatiles pliocènes, certains sols tuffeux dans lesquels le travertin et le calcaire dominent, les sables jaunes supérieurs des environs de Montpellier. Beaucoup de marnes blanches contenant de très

[1] Réunions viticoles de Montpellier, 1887.

[2] Bisset; *Progrès agricole*, 3 avril 1877.

[3] Dr Vialettes; *La vérité sur les vignes américaines en* 1886.

fortes proportions de carbonate de chaux, 46 à 48 %, mais dont l'état de division est dû à un mélange de sable et de cailloux roulés, conviennent assez bien à la vigne américaine. La chlorose passagère est due à l'humidité du sol et à sa froideur au printemps.

M. Ducos[1] estime que la chlorose en terre très calcaire peut être, dans la Vaucluse, efficacement combattue par le drainage.

M. Tord[2] signale les bons résultats qu'il a obtenus dans les Charentes par l'application du sulfate de fer, fin février, à raison de 130 gram. par souche, dissous dans 10 à 12 litres d'eau. M. Tord attribue la suppression de la chlorose à la transformation du carbonate de chaux dissous et nuisible en sulfate de chaux inactif.

M. de Montdésir[3] décrit un appareil pour le dosage du calcaire actif par l'acide tartrique. Il recommande l'attaque limitée à froid par un acide peu énergique pour caractériser la finesse du calcaire. L'attaque ne porte en effet, dans ces conditions que sur le calcaire très divisé, et seulement à la surface des grains plus gros. L'attaque est d'autant plus lente que les grains sont plus grossiers ; elle est plus rapide et se termine en deux minutes si le calcaire est divisé dans le sol en fine poussière.

M. Joulie[4] a observé que la chlorose se développait plus spécialement sur les vignes dont les tissus sont plus riches en éléments nutritif et en fer. La chlorose serait due à une mauvaise utilisation des éléments assimilés par la plante. Le développement aérien ne marche pas de pair avec l'absorption radiculaire. Il y a, en général, manque d'éclairement pendant les printemps humides et froids où la chlorose se développe.

[1] Ducos ; *La viticulture en Vaucluse*, in *Progrès agricole*, 29 mai 1887.

[2] Tord ; *Expériences contre la chlorose en terre de Champagne* (*Progrès agricole*, 13 mars 1887).

[3] De Montdésir ; *Sur le dosage rapide du calcaire actif dans les terres.* Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1887, tom. CIV, et Rapport à l'Académie de M. Schlœsing sur le mémoire précédent, tom. CV, pag. 49.

[4] Joulie ; *Sur la chlorose de la vigne.* Société d'Agriculture de Vaucluse, 1887.

M. Cazeaux-Cazalet[1] attribue plus spécialement la chlorose, d'après les observations de 1887, au tassement et à la sécheresse du sol. Les sols calcaires absorbent plus d'eau, mais en perdent davantage par évaporation en se tassant fortement.

En 1887, par arrêté du 16 mars, une mission en Amérique était confiée par le Ministre de l'Agriculture à M. P. Viala, qui explorait, du 5 juin au 3 décembre, les diverses régions des États-Unis, à la recherche des cépages susceptibles de s'adapter aux terres crayeuses des Charentes et aux terres calcaires du Languedoc. Les résultats de cette mission furent publiés en juin 1889.

En 1888, M. E. Petit[2] attribue la chlorose à la désaération du sol par l'eau. Il distingue la chlorose par siccité, rare, et la chlorose par humidité, la plus fréquente.

En 1889, M. Cazeaux-Cazalet[3] rapporte la chlorose à une modification des racines par la compacité du sol. Les cépages à racines ligneuses, minces et dures sont plus sensibles à la chlorose que les cépages à racines grosses et charnues. L'examen au microscope démontre que, dans les sols calcaires, le tissu fibreux des racines est extrêmement développé par rapport au tissu cellulaire, seul capable d'émettre de nouvelles radicelles.

En juin de la même année, M. P. Viala[4] publiait les résultats de sa mission en Amérique en 1887. L'auteur donne les indications relatives à l'adaptation au calcaire des principales variétés américaines rencontrées en Amérique. L'analyse des terres faite par M. Chauzit montrait que le calcaire était l'obstacle généralement apporté par les sols de France à l'adaptation des vignes d'Amérique et que plusieurs cépages américains s'en accommodent toutefois. L'analyse physique et chimique montre que

[1] Cazeaux-Cazalet; Rapport à la Commission du comice de Cadillac, 1887.

[2] E. Petit; *La Chlorose. Recherches de ses causes et de ses remèdes*. Bordeaux, 1888.

[3] Cazeaux-Cazalet; Communication au comice de Cadillac, 1889.

[4] P. Viala; *Une Mission viticole en Amérique, suivie d'une étude sur l'adaptation au sol des vignes américaines*, par B. Chauzit.

les terres de France très calcaires, et par suite à adaptation difficile, offrent une grande similitude avec certains sols d'Amérique où se développent sans chlorose le Vitis Berlandieri, le V. Cinerea, le V. Cordifolia, le V. Monticola et les Champins. M. Chauzit formulait la conclusion suivante afin de mieux préciser l'indication générale que l'on vient de rapporter.

Proportion de carbonate de chaux	*Vignes américaines qui y prospèrent le mieux*
Moins de 10 0/0	La plupart des vignes américaines.
De 10 à 20 0/0	Riparia, Taylor, Vialla.
20 à 30 0/0	Jacquez, Rupestris, Solonis.
30 à 40 0/0	Champin, Othello.
40 à 50 0/0	Monticola.
50 à 60 0/0	Cinerea, Cordifolia.
Plus de 60 0/0	V. Berlandieri.

M. Schlœsing fils[1], après avoir apporté diverses améliorations à l'appareil qui avait servi en 1853 aux recherches de MM. Boussingault et Lévy[2] sur la composition de l'air confiné du sol, étudie, à l'aide d'un appareil portatif, les variations de la teneur en acide carbonique de l'atmosphère des sols. D'autre part, M. Schlœsing père[3] avait démontré expérimentalement la relation qui lie la pression de l'acide carbonique à la quantité de carbonate de chaux mis en dissolution à l'état de bicarbonate. Les observations de M. Schlœsing fils démontrent l'existence d'écarts assez considérables dans le taux de l'acide carbonique suivant la nature du sol et suivant les conditions de pression et de mouvement de l'atmosphère extérieure. En réalité le taux de l'acide carbonique est sujet à l'intérieur du sol à de perpétuelles variations.

[1] Schlœsing fils; *Sur l'atmosphère contenue dans les sols*, in C. R. de l'Académie des Sciences, 1889, tom. CIX.

[2] Boussingault et Lévy; *Mémoire sur la composition de l'air confiné dans la terre végétale*, in *Annales de Chimie et de Physique*, 1853.

[3] Th. Schlœsing; *Contribution à la chimie agricole*, 1888.

En 1890, M. Marguerite Delacharlonny[1] établit une classification des diverses causes de la chlorose; le sulfate de fer ne serait utile que pour remédier à la chlorose déterminée par le manque de fer dans le sol.

M. Foëx[2] distingue deux sortes de chlorose : l'une, permanente, due au calcaire; l'autre, accidentelle, qui ne fait son apparition que certaines années et qui paraît dépendre plus spécialement des conditions physiques du sol et des conditions météorologiques. La chlorose, quand elle n'est pas due au calcaire, serait la conséquence d'une température trop basse du sol et d'un trop grand écart au printemps entre la température du sol et celle de l'air.

M. Ravaz[3] signale l'action prépondérante du calcaire dans la production de la chlorose dans les terres crayeuses et dans les groies de la Charente; il constate le peu d'influence du sous-sol et l'aggravation de la chlorose produite par le greffage. Il indique les divers cépages qui s'accommodent le mieux des terrains calcaires de cette région.

En 1891, M. Pons[4] attribue la chlorose à la destruction de la chlorophylle par le bicarbonate de chaux. La sève des ceps chlorosés est légèrement alcaline ou neutre au lieu d'être acide.

Au congrès de Beaune[5], M. Pétiot rapporte la chlorose au calcaire; le mélange d'une certaine dose d'argile augmenterait la chlorose, la présence de la silice et du fer la diminuerait. M. Couderc indique les divers cépages qui conviennent, en Bourgogne, aux sols de diverses teneurs en calcaires; il signale l'indication donnée par la végétation spontanée sur la nature plus

[1] Marguerite Delacharlonny; *Essai de classification des diverses chloroses et leurs remèdes*, in Compte rendu Association française. Congrès de Limoges, 1890.

[2] Foëx: *Marche de la chlorose des vignes américaines de* 1884 *à* 1890, in *Annales de l'Ecole d'Agriculture de Montpellier*, tom. VI.

[3] Ravaz; Rapport au président du comité de l'arrondissement de Cognac, 1890.

[4] Pons; *Causes de la chlorose*, in *Progrès agricole et viticole*, 1891.

[5] Compte rendu du Congrès de Beaune, 1891.

ou moins chlorosante du sol, et sur l'adaptation probable des différents cépages américains.

M. Ravaz[1] signale l'aggravation de la chlorose déterminée en terrain à sous-sol calcaire, par la sécheresse des assises supérieures. La proportion des divers éléments qui accompagnent le calcaire, notamment de l'argile, font en outre varier l'intensité de cette affection. L'humidité aggrave la chlorose en augmentant la quantité de calcaire mis à la disposition des racines. Les vignes américaines ou françaises greffées ou non greffées, jaunissent le plus à la deuxième année de plantation.

M. Coutagne[2] recommande l'emploi de l'appareil de M. de Montdésir, qui permet de doser rapidement le calcaire total en porphyrisant la terre et le calcaire immédiatement assimilable, en la désagrégeant à la main. Cet appareil pourrait être utilisé pour dresser les cartes calcimétriques indiquant la nature des cépages adaptés aux diverses formations calcaires.

En 1892, MM. Viala et Ravaz[3], dans leur ouvrage intitulé : *Les vignes américaines. Adaptation*, insistent sur le rôle prépondérant du calcaire dissous dans le développement de la chlorose. L'humidité n'interviendrait qu'en favorisant la dissolution du calcaire. L'élévation de la température atténuerait la chlorose en déterminant l'évaporation de l'eau et la précipitation partielle du calcaire dissous. L'état physique du calcaire contenu dans le sol exerce une action manifeste sur l'intensité de la chlorose. Dans le cas où le calcaire en couche mince enrobe des grains de silice, la surface de contact de la racine sera notablement plus développée que dans le cas où des grains calcaires seraient enrobés par l'argile, car si c'est, dissous dans l'eau du sol, que le calcaire est le plus fréquemment absorbé par les racines,

[1] Ravaz; Rapport à M le président du Comité de Viticulture de l'arrondissement de Cognac, 1891.

[2] Coutagne ; *De l'influence du calcaire sur les vignes américaines*, in Compte rendu de l'Association française. Congrès de Marseille, 1891.

[3] Viala et Ravaz ; *Les vignes américaines. Adaptation*, 1892.



celles-ci peuvent aussi le rendre soluble et l'absorber (expériences de Sachs). Le calcaire agirait en diminuant l'acidité du suc cellulaire. Le carbonate de magnésie ne détermine pas la chlorose comme le carbonate de chaux. La vigne américaine prospère dans les sols contenant 42 °/₀ de magnésie (analyses de MM. Chauzit, Jeanjean, Déjardin). MM. Viala et Ravaz indiquent, en outre, les facultés diverses d'adaptation des différents cépages américains aux sols calcaires.

M. Cazeaux-Cazalet[1], dans son mémoire sur les causes de la chlorose des vignes, étudie l'action des propriétés physiques des sols sur le développement de cette affection. Le mélange d'un peu d'argile au calcaire augmente la chlorose en accroissant la compacité du sol. Un excès d'argile, au contraire, diminue la chlorose en enrobant le calcaire. La chlorose n'est donc pas liée à la proportion absolue de calcaire. M. Cazeaux-Cazalet examine la constitution anatomique des racines prélevées sur des ceps atteints de chlorose à divers degrés ; le tissu conjonctif prédomine dans les racines des cépages résistants à la chlorose. La lignification prématurée des racines dans les sols chlorosants déterminerait l'exosmose des éléments nutritifs de la plante et la suppression de la turgescence des cellules. Le jaunissement des feuilles succéderait à l'altération des racines.

M. Bernard[2], dans son ouvrage sur *le Calcaire*, décrit le calcimètre, qu'il emploie pour le dosage du calcaire, par l'attaque à l'acide chlorhydrique. Il insiste sur l'influence de la ténuité et montre qne l'action du calcaire peut devenir prédominante dans une terre argileuse, s'il y est à l'état d'extrême division, présentant une grande surface de dissolution. M. Bernard indique que, si l'on sépare un sol en divers lots à l'aide de tamis de plus plus en plus fins, le calcaire p. °/₀ va en général en diminuant

[1] Cazeaux-Cazalet ; *Notes sur les causes de la chlorose des vignes*, 1892. — Voir aussi B. Chauzit ; *Rôle de l'argile dans l'adaptation au sol des plants américains* (*Revue de Viticulture*, 1894, pag. 132).

[2] Beruard ; *Le calcaire*, 1892.

avec la ténuité. Mais il existe des sols où le fait inverse se vérifie, ces derniers renfermeraient un calcaire plus fin, ils détermineraient plus spécialement la chlorose. M. Bernard signale également l'indication donnée par l'allure du dégagement gazeux dans l'analyse des sols calcaires au calcimètre. Des recherches seraient à faire dans ce sens, qui conduiraient peut-être à une mesure probable de l'assimilabilité, en prenant celle-ci, par exemple, comme proportionnelle au produit du taux de calcaire par la vitesse moyenne de dégagement obtenu dans l'attaque de la terre fine. Enfin l'auteur insiste sur les heureux effets du sulfate de fer, qu'il rapporte aux réactions lentes qu'il provoque dans le sol, et non à l'action spécifique du fer. L'emploi de ce sel déterminerait la *décalcarisation* progressive du sol.

M. Coutagne [1], se basant sur l'adaptation des vignes greffées aux terrains calcaires de la Provence, estime que l'adaptation n'est pas exactement liée au taux du calcaire. Le chimiste doit se préoccuper de déterminer la surface du calcaire plutôt que sa masse. On pourrait employer utilement dans ce but l'attaque à l'acide tartrique, qui donne naissance à un sel de chaux insoluble. La quantité d'acide carbonique dégagé pendant les premières minutes de la réaction sera proportionnelle à la surface active du calcaire et pourra, dès lors, lui servir de mesure. Le taux du calcaire dans la terre fine peut donner une première indication. Les hybrides de Vinifera Rupestris ont donné à MM. Couderc, Millardet et Ganzin des plants qui résistent dans des sols contenant jusqu'à 30 °/₀ de calcaire. M. Coutagne [2] estime que le calcaire ne détermine pas la chlorose sous forme de carbonate dissous, parce que la proportion d'acide carbonique dissolvant est à peu près constante, et que le titre de la solution ne dépend pas de l'abondance ou de la finesse du calcaire. Le carbonate de chaux serait absorbé par contact immédiat des racines avec les

[1] Id.: *Progrès agricole et viticole*, 1892.
[2] Coutagne: *Journal de l'Agriculture*, nº du 24 décembre 1892.

particules calcaires (expériences de Sachs). L'action de la ténuité s'expliquerait par le développement des surfaces de contact.

MM. Boiret et Paturel[1] concluent de leurs recherches expérimentales sur l'action du sulfate de fer que ce sel se transforme rapidement dans un sol calcaire, en donnant naissance à du sulfate de chaux et à de la rouille. Si le calcaire est fin et abondant, on peut augmenter impunément les doses de sulfate de fer ; mais en sol non calcaire ou à calcaire grossier, ce sel peut être toxique pour la plante ; il paraît agir à la façon du plâtre en mobilisant les sels de potasse.

M. Chauzit[2] conclut, contrairement aux observations de M. Gayon sur un sol artificiel, que dans les sols naturels la présence du sulfate de chaux, même à haute dose, ne détermine pas la chlorose. Cell-eci ne se déclare en terrain gypseux que lorsque ces sols sont en même temps calcaires.

M. Castel[3] signale l'atténuation apportée au pouvoir chlorosant du calcaire par la fertilité des sols. Toutefois, même en sol fertile, les greffes sur Jacquez ou sur Riparia se chlorosent quand la teneur en calcaire dépasse 18 °/₀ ; si le sous-sol est imperméable, 4 à 6 °/₀ de calcaire suffisent à déterminer la chlorose. Dans les terres renfermant plus de 18 °/₀ de calcaire et réfractaires au Jacquez et au Riparia, certaines variétés de Rupestris, et certains hybrides de Rupestris, de Riparia ou de Berlandieri avec Vinifera se développent sans trace de chlorose même sur sous-sol imperméable.

M. P. Gervais[4] donne le résultat de ses observations sur la tenue de divers cépages en sol calcaire. Divers hybrides sem-

[1] Boiret et Paturel ; *Recherches sur l'emploi du sulfate de fer*, in *Annales agronomiques*, 1892.

[2] B. Chauzit ; *Les vignes américaines en terrains gypseux*, in *Annales agronomiques*, 1892.

[3] Castel ; *Essais de plants en sols calcaires*, in *Progrès agricole et viticole*, tom. II, pag. 606, 1892.

[4] P. Gervais ; *Un champ d'essai en sol calcaire*, in *Progrès agricole et viticole*, tom. II, pag. 364, 1893.

blent s'y comporter beaucoup mieux que le Riparia et que le Jacquez. Le fait est signalé par un grand nombre de viticulteurs, notamment par MM. Roy-Chevrier, E. Gonnet, Degrully, Bouscaren, Couderc, Lacoste, Verneuil.

En 1893, M. Degrully [1] publie les résultats de l'enquête du *Progrès agricole* sur les traitements aux sels de fer et rapporte ses observations personnelles sur la même question. M. Rousselier accuse le calcaire d'empêcher l'assimilation du fer et décrit le mode d'application, sur les feuilles, de la bouillie noire dont il signale les excellents effets.

MM. Houdaille et Sémichon [2] indiquent un procédé de mesure de la vitesse d'attaque spécifique des diverses variétés de calcaire. Ce procédé est basé sur la détermination de la surface des particules calcaires déduite de la mesure de la perméabilité [3] et sur l'enregistrement automatique de la vitesse du dégagement d'acide carbonique produit par l'attaque du calcaire à l'acide chlorhydrique. Les diverses variétés de calcaire présentent des écarts très considérables dans les valeurs des vitesses d'attaque spécifique.

MM. Lagatu et Sémichon [4] signalent la relation générale qui existe entre le développement de la chlorose et la présence des affleurements de la couche des marnes pliocénes à rognons. Les constatations faites sur un grand nombre de points du département de l'Hérault [5] confirment l'action chlorosante spéciale de cette formation géologique. Ils montrent, en outre, que le déve-

[1] L. Degrully; *Chlorose et sulfate de fer*, in *Progrès agricole et viticole*, tom. I, pag. 3, et *passim*. 1893.

[2] Houdaille et Sémichon; *Mesure de la vitesse d'attaque spécifique des diverses variétés de calcaire*, in *Progrès agricole*, tom. I, pag. 496, 1893.

[3] Id.; *Mesure de la perméabilité et de l'état de division des sols*, in *Annales de l'Ecole d'Agriculture de Montpellier*, tom. VII.

[4] Lagatu et Sémichon; *La chlorose dans le terrain pliocène de l'Hérault*, in *Progrès agricole et viticole*, tom. I, pag. 486.

[5] Id.; *Matériaux pour une étude des terres du département de l'Hérault*, in *Progrès agricole*, tom. I et II, 1893.

loppement de la chlorose est lié à la proportion du calcaire grossier et du calcaire pulvérulent séparés par l'analyse physique; ils font, en même temps, ressortir l'influence des conditions hydrologiques.

Au cours des réunions du Congrès viticole de Montpellier [1], M. Ravaz précise les conditions d'adaptation des cépages au sol. M. Verneuil établit une classification des sols chlorosants et indique la tenue correspondante des divers cépages qui y ont été essayés. MM. Gervais, Lauras, de Malafosse, Despetis et divers viticulteurs attestent l'adaptation suffisante aux sols calcaires de certains hybrides de Vinifera × Rupestris et de Vinifera × Riparia. M. P. Viala estime que l'avenir est aux Berlandieris convenablement sélectionnés et à leurs hybrides pour la reconstitution des sols calcaires. M. Coste-Floret attribue le développement intense de la chlorose à l'excès de l'acide carbonique dans certains sols ; il propose l'emploi de la chaux pour atténuer le pouvoir chlorosant du calcaire.

M. Couderc [2] décrit quelques hybrides de Vinifera × Rupestris et signale leur faculté d'adaptation aux sols calcaires des Charentes.

M. Bernard [3], en étudiant quelques terres types de la Charente-Inférieure, constate que l'accroissement du taux de calcaire avec la ténuité dans les sols étudiés est général, bien qu'ils possèdent des pouvoirs chlorosants très inégaux. Ses analyses et ses observations confirment le fait, signalé par M. Ravaz, de la faible influence du sous-sol pour le développement de la chlorose. La richesse ou la pauvreté du sol en éléments fertilisants n'intervient pas dans l'adaptation au calcaire. Avec des terres dont le pour °/₀ décroît avec la ténuité, il est dangereux d'employer le Riparia si la teneur en calcaire s'élève à 20 °/₀.

[1] Compte rendu du Congrès viticole de Montpellier, 1893.

[2] Couderc ; *Description des hybrides Couderc*, in *Progrès agricole et viticole*, tom. II, pag. 537, 1893.

[3] A. Bernard ; *Notes sur quelques terres types de la Charente-Inférieure*, in *Progrès agricole et viticole*, tom. II, pag. 462, 1893.

Les observations que l'on vient de résumer dans le présent historique de la chlorose font ressortir d'une manière évidente le rôle prépondérant joué par le calcaire dans le développement de cette affection. Il se dégage en outre de cette étude un autre fait intéressant : c'est que le taux du calcaire ne détermine pas à lui seul le degré du pouvoir chlorosant des sols, qui est lié en même temps à l'assimilabilité variable et à l'état de division du calcaire. On voit aussi que les diverses méthodes proposées jusqu'à ce jour pour évaluer ces deux derniers éléments manquaient encore un peu de fixité et de précision. Nous avons donc pensé que l'étude expérimentale de la détermination de l'état physique du calcaire contenu dans le sol présenterait quelque intérêt : telle est l'origine de notre travail.

II. — Relation entre la Vitesse d'attaque du Calcaire par l'Acide carbonique du Sol et le développement de la Chlorose.

Les recherches de M. Th. Schlœsing sur l'acide carbonique du sol ont établi qu'en présence du carbonate de chaux neutre en excès et d'une atmosphère contenant une proportion déterminée d'acide carbonique, l'eau dissout à la fois de l'acide carbonique libre, du carbonate neutre et du bicarbonate de chaux. La dissolution de l'acide carbonique s'effectue comme en l'absence du carbonate et conformément à la loi de solubilité des gaz ; la dissolution du carbonate neutre de chaux s'effectue comme dans l'eau pure en l'absence de l'acide carbonique ; la quantité de bicarbonate dissous croît au contraire avec la tension de l'acide carbonique dans l'atmosphère gazeuse du sol.

La quantité de carbonate neutre dissous est relativement faible ; elle ne dépasse pas 13 milligram. par litre à 16°. La quantité de carbonate dissous correspondant à la formation du bicarbonate est au contraire beaucoup plus élevée. A la tempé-

rature de 16° et pour une tension de l'acide carbonique du sol de $0^{atm},0033$ elle est déjà de 124 milligram.; elle atteint 347 milligram. pour une tension de $0^{atm},0500$, et, pour une teneur moyenne de l'atmosphère du sol en acide carbonique de 1 %, elle s'élève à 196 milligram. M. Schlœsing a d'ailleurs déterminé la loi qui lie la tension x de l'acide carbonique dans l'atmosphère du sol au poids y de carbonate de chaux en dissolution. Elle est représentée par l'équation $x^{0.3787} = 0,9218\, y$.

Il semble au premier abord que, puisque le carbonate de chaux est en général toujours en excès dans les divers sols calcaires, la richesse des eaux du sol en carbonate de chaux dissous soit exclusivement sous la dépendance de la richesse de l'atmosphère confinée en acide carbonique. Elle serait ainsi indépendante de la teneur en carbonate de chaux et de l'état physique du calcaire. Or cette conclusion est formellement contredite par les faits observés. Les vignes plantées dans des terrains contenant plus de 50 % de calcaire se chlorosent plus souvent que celles dont la teneur en calcaire s'abaisse au-dessous de 15 %. En second lieu, les calcaires friables des formations crétacées et tertiaires donnent une chlorose plus intense que les calcaires durs et compacts du jurassique ou des terrains primaires.

Pour mettre d'accord la théorie avec l'observation des faits, il suffit d'introduire dans la question la considération des vitesses de réaction. Nous établirons, au cours de ces recherches, que les divers calcaires appartenant à des formations géologiques différentes ou caractérisées par des états physiques distincts, soumis à l'action d'un même acide, acide chlorhydrique, tartrique, carbonique, subiront une attaque ou une dissolution inégale après des temps égaux lorsqu'ils présentent une même surface à l'action de ces acides. Chaque calcaire est ainsi caractérisé par sa *vitesse d'attaque spécifique*. En second lieu, le calcaire existe dans le sol à un état de division plus ou moins grand, et la surface extérieure présentée par le calcaire à l'action dissolvante de l'acide carbonique croît avec son *degré de division*.

La vitesse de dissolution d'un poids donné de calcaire sera donc d'autant plus grande qu'il sera plus finement divisé. Enfin, pour une même vitesse d'attaque spécifique et pour un même état de division, la quantité de calcaire dissous dans l'unité de temps par l'unité de volume du sol possédant un même taux d'humidité est proportionnelle à la *teneur du sol en calcaire*. La teneur en carbonate de chaux dissous des eaux du sol est donc à un moment donné sous la dépendance de trois facteurs essentiels : 1° la teneur en calcaire : 2° l'état de division du calcaire ; 3° la vitesse d'attaque spécifique du calcaire.

Il est facile de comprendre comment l'inégalité des vitesses d'attaque du calcaire contenu dans les divers sols peut amener au contact des racines des solutions plus ou moins riches en carbonate de chaux. Chaque fois qu'une pluie pénètre dans le sol, elle diminue la teneur en calcaire des eaux précédemment saturées en bicarbonate de chaux ; une nouvelle dissolution de la roche calcaire est nécessaire pour ramener le liquide à sa concentration primitive. Si le calcaire est abondant, finement divisé et d'une attaque facile, la concentration sera rapide et la chlorose trouvera bientôt ses conditions déterminantes.

On peut remarquer en outre que, bien que le calcaire soit le plus souvent en grand excès, l'enrichissement en carbonate du liquide qui baigne les particules du sol sera toujours plus ou moins lent. Il sera, en effet, limité à un instant donné à la fois par la vitesse d'attaque du calcaire et par la vitesse de dissolution progressive de l'acide carbonique contenu en proportions variables dans les couches du sol. Ce dernier, en effet, dans les sols humides et à canaux capillaires étroits, ne peut émigrer du sol vers le sous-sol qu'avec une certaine lenteur. La filtration des eaux du sol vers le sous-sol pendant les périodes humides de l'année, leur ascension inverse aux époques de sécheresse, déterminent ainsi de perpétuelles fluctuations dans le taux du carbonate en dissolution. Les racines des plantes sont ainsi en contact immédiat avec des solutions de carbonate de chaux qui,

dans certains sols calcaires, peuvent rester indéfiniment au-dessous de la limite de concentration qui correspond au développement de la chlorose. D'autre part, l'emprunt continu et énergique des liquides du sol par les racines de la vigne a pour effet de diminuer à chaque instant, dans les régions voisines des centres d'absorption, la quantité de carbonate de chaux dissous disponible. La dose de carbonate introduite dans la cellule peut ainsi rester pendant chacune des phases de la végétation inférieure à la quantité qui détermine le développement de la chlorose.

De plus, indépendamment du rôle essentiel que peut jouer le carbonate de chaux en dissolution pour déterminer la chlorose, celle-ci peut être également déterminée par l'absorption directe du calcaire par le contact des racines avec la roche, ainsi que l'indique l'expérience classique de Saehs. Or, l'introduction du calcaire dans le végétal est encore dans ce cas limitée par la vitesse d'attaque spécifique de la roche et par son état de división. Si les particules sont grossières, la racine n'a que quelques points de contact direct avec le calcaire. Si elles sont ténues, la surface de contact augmente, et le volume du calcaire corrodé dans l'unité de temps croît avec elle en favorisant le développement de la chlorose.

C'est en partant de ces diverses considérations que nous avons été amenés :

1° A mesurer la vitesse d'attaque spécifique du calcaire par un acide déterminé, l'acide chlorhydrique dilué ;

2° A comparer l'action des divers acides à celle qui est exercée par l'acide carbonique sur la dissolution du calcaire et à rechercher quels étaient les acides qui permettaient le mieux de déterminer l'état physique de cet élément dans les divers sols ;

3° A indiquer une méthode opératoire susceptible de caractériser rapidement les divers sols au point de vue de la possibilité du développement de la chlorose ;

4° A appliquer notre méthode à l'examen d'un certain nombre de terres caractérisées par le développement de la chlorose à divers degrés.

Considérations générales sur les vitesses d'attaque du calcaire. — Divers expérimentateurs, MM. de Montdésir et Bernard notamment, ont insisté sur le caractère d'assimilabilité du calcaire que l'on pourrait déduire de l'allure variable du dégagement gazeux produit par l'attaque des acides. Les différences très marquées constatées dans les vitesses d'attaque des terres calcaires peuvent s'expliquer par deux causes distinctes : 1° le calcaire est plus divisé et présente une plus grande surface d'attaque ; 2° à égalité de surface, les diverses variétés de calcaire peuvent présenter une vitesse d'attaque spécifique différente. Nous appelons *vitesse d'attaque spécifique* d'un calcaire le poids en milligrammes de carbonate de chaux dissous par seconde et par centimètre carré dans l'attaque de la roche par l'acide chlorhydrique normal à 22° Baumé étendu de trois fois son volume d'eau.

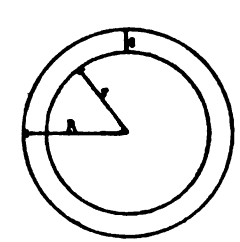


Fig. 1. — Attaque des grains de calcaire par l'acide chlorhydrique.

On peut montrer par les considérations suivantes comment il est possible de déduire la valeur de la vitesse d'attaque spécifique de la marche du dégagement gazeux produit pendant la réaction de l'acide sur le calcaire. Considérons un échantillon de calcaire dont tous les grains soient égaux et sphériques de rayon R (fig. 1). Soit n le nombre de grains contenus dans un poids donné, 500 milligr. de la roche. Appelons k l'épaisseur de calcaire attaquée par seconde et r le rayon des grains au bout de t secondes d'attaque.

Le volume V de calcaire attaqué au bout du temps t sera égal à la différence des volumes de deux sphères de rayon R et r. On aura :

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 - \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi (R^3 - r^3)$$

Si d est la densité du calcaire, le poids p de calcaire dissous correspondant au volume V sera :

$$p = \frac{4}{3}\pi d\,(R^3 - r^3)$$

Et pour les n particules le poids total de calcaire attaqué sera :

$$P = \frac{4}{3}\pi\, n.d\,(R^3 - r^3)$$

D'autre part, l'on a aussi $r = R - kt$ et la valeur de P devient:

$$P = \frac{4}{3}\pi\, n\, d\,[R^3 - (R - kt)^3].$$

La valeur de k, épaisseur de calcaire attaquée par seconde, peut se déduire expérimentalement de la mesure du poids de calcaire dissous en t secondes sur une surface connue d'une plaque de calcaire. Nous avons trouvé que pour le spath $k = \frac{1}{1000}$ de millimètre environ.

Connaissant k, n, d et r, on peut calculer les valeurs successives de P au bout des temps t et tracer la courbe de l'attaque du calcaire en fonction de la durée de l'attaque. On obtient ainsi une courbe de forme parabolique plus ou moins tendue sur laquelle il est facile de mesurer la vitesse d'attaque spécifique.

En effet, la valeur du rapport $\frac{dP}{dt}$ au temps t mesure l'inclinaison de la tangente au point de la courbe correspondant au temps t. Ce rapport $\frac{dP}{dt}$ exprime précisément la vitesse d'attaque du calcaire au temps t lorsque la surface est devenue s. Or la surface initiale S des particules calcaires avait pour valeur $S = 4\pi R^2$; le rayon R devient, au temps t, $r = R - kt$; la surface s au temps t est donc $s = 4\pi (R - kt)^2$.

Il suffit donc, pour déterminer la vitesse d'attaque spécifique du calcaire, de mener par le point A de la courbe correspondant au temps t la tangente AT à la courbe, de mener AM parallèle à OX, d'abaisser d'un point T quelconque de la tangente une

perpendiculaire coupant AM au point M. Le rapport $\frac{TM}{AM}$ exprimera la vitesse d'attaque au temps t; en le divisant par s, surface des particules au temps t, on obtiendra la vitesse d'attaque spécifique du calcaire (V fig. 2).

Si, au lieu d'opérer sur une courbe construite par le calcul des valeurs successives de P, on exécute les mêmes opérations sur une courbe déduite de l'observation expérimentale des valeurs de P, on obtiendra de même la valeur de la vitesse spécifique d'attaque du calcaire employé, et cela quel que soit le diamètre des particules calcaires, à la condition de connaître s surface des particules au temps t. Or, si l'on mène la tangente à l'origine de la courbe $t = 0$, la surface s devient S surface initiale des particules calcaires.

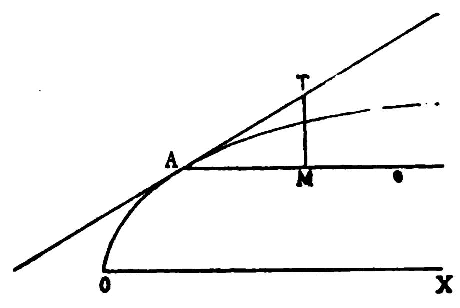


Fig. 2. — Détermination de la vitesse d'attaque du calcaire par l'acide chlorhydrique.

La détermination de la vitesse d'attaque spécifique des calcaires repose donc sur deux mesures expérimentales distinctes :

1° Mesure de la surface initiale des particules de l'échantillon de calcaire soumis à l'attaque de l'acide ;

2° Détermination des poids de calcaire attaqués aux temps successifs de la réaction.

Mesure de la surface extérieure des particules calcaires. — La valeur de la surface initiale des particules calcaires a été déduite de la mesure de la perméabilité de l'échantillon pour les gaz chassés au travers d'une épaisseur donnée de la substance sous une pression déterminée. Nous nous sommes servis dans ce but de l'appareil que nous avons utilisé dans nos recherches antérieures[1] sur la perméabilité et l'état de division des sols. Nous

[1] Houdaille et Sémichon ; *Mesure de la perméabilité et de l'état de division*

reproduirons ici la description de l'appareil de mesure et la méthode de calcul adoptée pour la détermination de la surface extérieure des particules.

L'appareil de mesure comprend un cylindre en bronze (fig. 3) d'un diamètre intérieur de 11^{mm},3 correspondant à une section de 1 centim. carré. Le fond de ce cylindre est foré d'un orifice de 2 millim.; sa capacité est remplie assez exactement par un piston cylindre de 11 millim. de diamètre extérieur. Ce piston est lui-même creusé à l'intérieur d'un canal de 4 millim., se réduisant à 2 millim. à sa partie inférieure. L'extrémité supérieure du canal est fermée par un petit obturateur en acier qui comprime sur ses bords une rondelle de cuir. Un petit ajutage latéral fixé à la partie supérieure du piston fait communiquer le canal intérieur avec le tube qui amène l'air sous pression. La profondeur du cylindre est de 0^{m},04, la longueur du piston de 0^{m},08.



Fig. 3. — Appareil pour la mesure de la surface extérieure des particules terreuses.

Deux grammes de l'échantillon de calcaire convenablement trituré et tamisé sont introduits dans le cylindre, après avoir interposé entre eux et l'orifice inférieur deux rondelles de toile métallique de laiton à mailles fines. Après avoir tassé légèrement le sol à la main avec un piston plein, on dépose au-dessus deux autres rondelles de toile métallique et on engage le piston creux. L'emploi des rondelles de toile métallique, prévient l'obstruction des orifices et assure la répartition de l'air sur toute la section du cylindre des particules comprimées aussi bien à l'entrée qu'à la sortie.

On procède ensuite au tassement du sol sous pression constante. L'obturateur en acier qui forme la tête du piston de compression reçoit l'extrémité d'une vis de pression (fig. 4)

des sols, in C. R., décembre 1892, et in *Annales de l'Ecole d'Agriculture de Montpellier*, tom. VII.

fixée à $0^m,10$ du point d'oscillation d'un levier en fer de $0^m,50$ de longueur. L'extrémité du levier reçoit un poids de 20 kilogr. Le calcaire se trouve par suite énergiquement comprimé sous une pression constante de 100 kilogr. par centim. carré. Il ne reste plus qu'à mesurer le débit de gaz chassé sous pression constante au travers de l'échantillon de calcaire.

Le réservoir d'air comprimé est constitué par une cloche en verre de $0^m,115$ de diamètre immergée dans un bocal cylindrique sous une colonne d'eau de $0^m,20$. L'air comprimé sous cette pression constante communique par un tube de caoutchouc avec l'intérieur du piston, traverse le sol, puis s'échappe par l'orifice

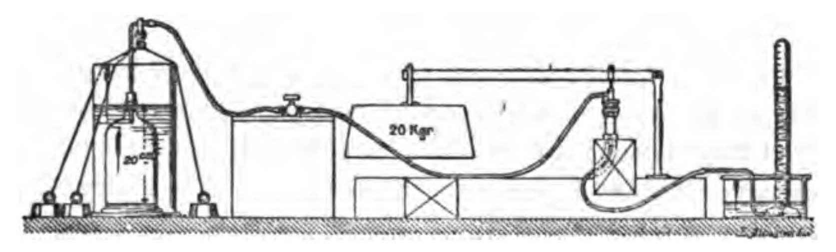


Fig. 4. — Appareil Houdaille pour la mesure de la perméabilité des sols.

de dégagement pour se rendre par un deuxième tube de caoutchouc sous une éprouvette graduée pleine d'eau. Un collier à vis avec interposition de rondelle de caoutchouc forme joint étanche entre le piston et l'extrémité supérieure du cylindre.

L'examen de la constitution d'un assemblage de particules tel que celui réalisé par l'échantillon de calcaire montre qu'il existe deux équations distinctes entre les quatre termes suivants qui définissent sa structure, savoir : 1° la perméabilité ou débit du gaz par minute au travers d'une épaisseur l de la substance et sur une surface de 1 centim. carré; 2° la surface s occupée par la section des canaux capillaires sur 1 centim. carré du sol; 3° le nombre n des orifices capillaires ; 4° leur diamètre moyen d. Si l'on désigne par q le volume en millimètres cubes de gaz écoulé par seconde au travers d'une épaisseur l en millimètres

du sol lorsque ce gaz est chassé sous une pression de h millimètres de mercure, on obtient les deux équations suivantes :

$$q = \frac{knhd^4}{l} \qquad (1)$$

q est le débit du gaz exprimé en millimètres cubes d'après la loi de Poiseuille.

$$s = n\pi\frac{d^2}{4} \qquad (2)$$

s est la somme des sections des canaux capillaires exprimée en millimètres carrés.

On déduit de ces deux équations :

$$n = \frac{kh16s^2}{ql\pi^2} \qquad \text{et} \qquad d = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{ql\pi}{khs}}.$$

Le coefficient k introduit dans l'expression de n et de d représente un coefficient de dépense déterminé par plusieurs procédés et en particulier en mesurant le débit q au travers d'une épaisseur de sable à grains réguliers dont on avait évalué le diamètre moyen.

De la connaissance de n et de d on déduit la valeur de la surface S des parois des canaux capillaires supposés cylindriques ; on a :

$$S = n\pi dl \qquad \text{et pour } 1^{cc} \qquad S' = n\pi d10.$$

La valeur de S peut d'ailleurs être rattachée directement à celle du débit q' par minute au travers de l'épaisseur l occupée par les 2 gram. de particules calcaires et à la section totale s des canaux capillaires. s se détermine par l'évaluation de l'espace vide contenu dans 1 centim. cube des particules des calcaires. Cette relation a pour expression :

$$S = a\sqrt{\frac{s^3 l}{q'}} \qquad a = 832.6.$$

Si l'on exprime s et l en millimètres, q' en centim. cubes, s est donné en millim. carrés.

Les surfaces initiales des particules calcaires déterminées par cette méthode ont varié, pour un poids de 500 milligr. de 56



centim. carrés à 103 centim. carrés pour les divers échantillons de calcaire dont on a déterminé les vitesses d'attaque.

Mesure de la vitesse d'attaque. — La mesure de la vitesse d'attaque par l'acide chlorhydrique dilué a été obtenue à l'aide de l'appareil enregistreur suivant :

Un flacon à réaction F (fig. 5), semblable à celui du calcimètre de M. Bernard, reçoit 500 milligr. de l'échantillon calcaire ; on y introduit 5 centim. cubes d'eau distillée, et l'on agite pour

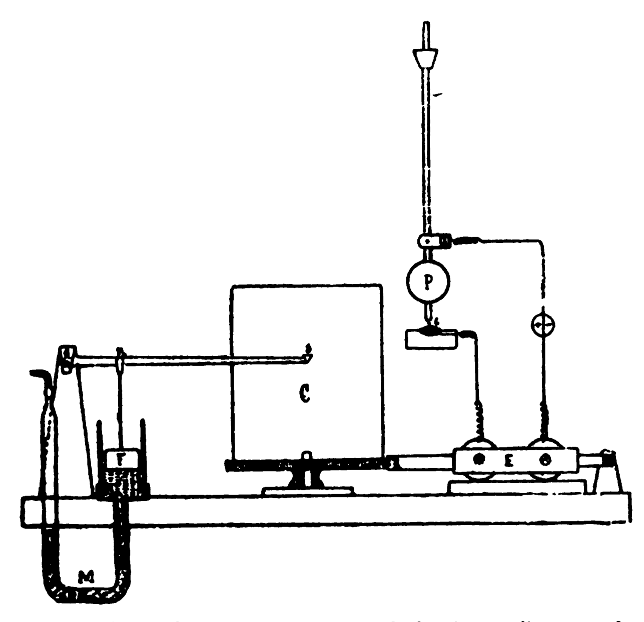


Fig. 5. — Appareil Houdaille pour la mesure de la vitesse d'attaque du calcaire.

mettre le calcaire en suspension. Un tube court, à essai, est disposé verticalement à l'intérieur du flacon laboratoire, et l'on y introduit, à l'aide d'un entonnoir en verre effilé, 5 centim. cubes d'acide chlorhydrique normal à 22° Baumé (D = 1,174) dédoublé par l'addition d'un égal volume d'eau. Le liquide réagissant contient par suite 2 centim. cubes 5 d'acide chlorhydrique normal à 22° Baumé, et l'attaque de 500 milligr. de calcaire pur n'exige que 0 centim. cube 898 de ce même acide.

Il suffit d'incliner le flacon pour que le renversement du tube vertical provoque la réaction, qui s'opère alors au sein d'un liquide constitué par 3/4 d'eau et 1/4 d'acide chlorhydrique normal à 22° Baumé.

Le tube abducteur en caoutchouc, prolongé par un serpentin en métal S servant à refroidir l'acide carbonique dégagé, conduit ce dernier dans un ballon B de 1 litre 1/2 de capacité environ, plongé dans un bain de sable pour éviter les changements brusques de volume dus aux variations de la température extérieure (fig. 16). Ce ballon peut être mis, avant chaque expérience, en communication avec l'air extérieur, à l'aide d'un robinet de verre V ajusté dans la tubulure; l'augmentation de pression provoquée par le dégagement de l'acide carbonique mis en liberté dans le flacon laboratoire est proportionnelle à la quantité de gaz dégagé. Un manomètre à mercure M (fig. 5) communique avec le ballon et mesure les accroissements de pression successifs. L'inscription des volumes de gaz dégagés pendant les diverses phases de la réaction est obtenue par le dispositif suivant.

Dans la branche ouverte du manomètre (fig. 5), constitué par un tube de 27 millim. de diamètre, repose un flotteur en bois F qui guide un style inscripteur *o s* sur un cylindre vertical C portant une feuille de papier. Ce cylindre, de $0^m,08$ de diamètre, calé sur une roue dentée actionnée par un électro-aimant E, fait 1 tour en 200 secondes et avance brusquement, chaque seconde, de 1/200° de tour, correspondant à un trajet horizontal du style de 1 millim. 25. Le tracé obtenu affecte la forme d'une courbe à échelons dans laquelle chacun des crans successifs donne la valeur de la quantité d'acide carbonique dégagé seconde par seconde. Comme les quantités de gaz dégagé seconde par seconde s'additionnent dans le ballon communiquant avec le manomètre, la pression ne cesse de croître jusqu'au complet achèvement de la réaction, et l'on s'aperçoit que ce résultat est acquis lorsque les tracés pour deux tours consécutifs du cylindre

se recouvrent exactement. Les traits du style doivent continuer à se recouvrir indéfiniment s'il n'existe pas de fuite dans les divers joints de l'appareil. Le tarage de l'instrument s'obtient en décomposant dans le flacon laboratoire un poids connu de car-

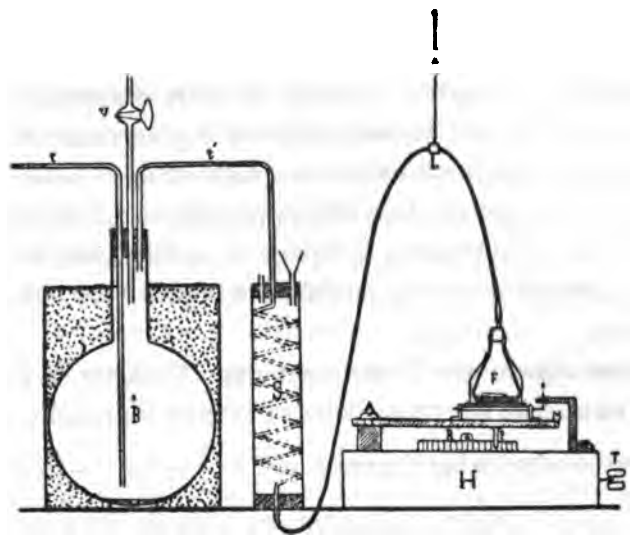


Fig. 6. — Agitateur automatique, flacon à réaction, serpentin et ballon de pression.

bonate de chaux pur (spath). Dans notre appareil, 500 milligr. de carbonate de chaux déterminent une ascension du style inscripteur de 60 millim. 5 à la température de 20°. Nous avons vérifié expérimentalement que les déviations du style étaient très sensiblement proportionnelles au poids de carbonate de chaux décomposé.

Afin que l'attaque du calcaire soit régulière, le flacon à réaction est agité à la main pendant la première minute, puis déposé sur un *agitateur automatique* (fig. 6) qui lui imprime un mouvement régulier d'oscillation pendant toute la durée de la réaction. Cet agitateur est réalisé de la manière suivante : une planchette horizontale articulée en A porte à son extrémité opposée à l'articulation un taquet triangulaire P qui est repoussé périodiquement par le passage des dents d'une roue R conduite par un

robuste mouvement d'horlogerie H dont la vitesse est régularisée par un volant à ailettes T. Un ressort antagoniste rappelle la planchette après le passage de chaque dent; celle-ci est par suite animée d'un mouvement régulier de va-et-vient. Au-dessus de la planchette est disposée une petite plate-forme oscillante servant de support au flacon à réaction. Un levier c solidaire de la plate-forme s'engage dans un œilleton fixé sur le bâti principal du mouvement d'horlogerie; il résulte de cette disposition que le mouvement alternatif de va-et-vient de la planchette est transformé en un mouvement oscillatoire régulier de la plate-forme. Grâce à ce mouvement d'oscillation périodique qui se produit à 1 à 2 secondes d'intervalle, le liquide en contact avec le calcaire est constamment renouvelé, et l'attaque s'opère avec une grande régularité.

Le tracé obtenu par l'inscripteur dans l'attaque de l'échantillon d'un calcaire déterminé doit évidemment reproduire l'allure de la courbe calculée par l'expression $P = \frac{4}{3} n\pi d [R^3 - (R - kt)^3]$, précédemment indiquée, donnant les poids de calcaire dissous aux temps t. Mais, pour que l'allure du tracé de l'inscripteur et de la courbe obtenue par le calcul des valeurs de P soit semblable, il faut se placer non plus dans le cas de particules toutes égales de rayons R, mais dans celui d'un assemblage de N catégories de particules de rayons différents R, R', R'', etc., représentées chacune par des nombres n, n', n'' différents de particules. Nous avons fait ce calcul en assignant à la constitution de l'échantillon calcaire diverses conditions qui seront rapportées dans un tableau spécial. L'attaque au temps t est exprimée par le nombre de milligrammes dissous sur 500 milligrammes de la roche correspondant aux divers assemblages. La valeur de k, épaisseur de calcaire attaqué par seconde, a été obtenue par la mesure du poids de calcaire dissous en dix secondes sur une lame de spath de surface connue : nous avons ainsi trouvé pour k la valeur de $\frac{1}{1000}$ de millimètre. Le rayon R maximum assigné

aux particules de l'assemblage est de 1 millimètre. Les rayons des autres particules considérées ont été $0^{mm},1$, $0^{mm},01$ et $0^{mm},001$. La durée de l'attaque totale des assemblages ainsi constitués aurait été par suite $\frac{1}{k} = 1000$ secondes.

Interprétation des graphiques du calcimètre enregistreur. — La forme générale des graphiques traduisant la marche de l'attaque des particules calcaires est essentiellement subordonnée à la rapidité avec laquelle décroît progressivement leur surface d'attaque depuis l'origine jusqu'à la fin de la réaction.

Les tableaux suivants montrent les modifications importantes déterminées dans la forme des graphiques de l'inscripteur calculés pour les diverses combinaisons qui peuvent exister dans l'assemblage des divers groupes de particules calcaires d'égal diamètre.

Marche de l'attaque de divers assemblages de particules calcaires.

Première combinaison : l'assemblage est constitué par n particules sphériques de 1 millim. de rayon formant ensemble un poids de 500 milligram.

Durée	Poids de calcaire dissous	Déviation correspondante du style
0 sec	0^{mgr}	0^{mm}
10	14.85	1.79
100	135.53	16.40
500	437.59	52.94
1000	500.00	60.5

Deuxième combinaison : l'assemblage est constitué par un nombre égal de quatre sortes de grains de rayons 1^{mm},0,1. 0,01 et 0,001. Poids total soumis à l'attaque = 500 milligram.

Durée	Poids de calcaire dissous	Déviation correspondante du style
—	—	—
0	0	0
10	14.97	1.81
100	135.87	16.44
500	437.60	52.94
1000	500.00	60.5

Troisième combinaison : l'assemblage est constitué par quatre catégories de particules de rayons 1mm.0, 1.0,01. 0,001 représentées respectivement pour chaque catégorie par les nombres 1, 10, 100, 1,000. Poids soumis à l'attaque = 500 milligram.

Durée	Poids de calcaire dissous	Déviation correspondante du style
—	—	—
0	0	0
1	1.64	0.20
10	16.07	1.94
100	139.02	16.82
500	437.75	52.96
1000	500.00	60.5

Quatrième combinaison : l'assemblage est constitué par quatre catégories de particules de rayons 1. 0.1. 0,01. 0,001 représentées respectivement pour chaque catégorie par les nombres 1, 10, 1000, 1,000,000. Poids total soumis à l'attaque = 500 milligram.

Durée	Poids de calcaire dissous	Déviation correspondante du style
—	—	—
0	0	0
10	17.00	2.06
100	139.83	16.92
500	438.28	53.03
1000	500.00	60.5

Cinquième combinaison : l'assemblage est constitué par quatre catégories de particules de rayons 1. 0,1. 0,01. 0,001 représentées respectivement pour chaque catégorie par les nom-

bres 1, 1000, 1,000,000, 1,000,000,000. Poids total soumis à l'attaque = 500 milligram.

Durée	Poids de calcaire dissous	Déviation correspondante du style
—	—	—
0	0	0
10	285.63	34.56
100	408.08	49.37
500	488.47	59.99
1000	500.00	60.5

Fig. 7. — Graphiques d'attaque établis d'après les combinaisons 1, 5 et 6.

Sixième combinaison : l'assemblage est constitué par sept catégories de particules de rayons 0^{mm},750. 0,375: 0,175. 0,0075. 0,030. 0,0025 représentées respectivement pour chaque catégorie par les nombres 7. 258. 12,050. 571,200. 6,588,000. 120,700,000. 10,230,000,000 (constitution donnée par M. Whitney pour une terre du Maryland). Poids total soumis à l'attaque = 500 milligram.

Durée	Poids de calcaire dissous	Déviation correspondante du style
—	—	—
0	0	0
10	302.34	36.58
30	425.54	51.48
75	483.10	58.45
100	487.48	59.00
375	497.55	60.47
750	500.00	60.50

Nous reproduisons ici comme termes de comparaison la

marche de l'attaque de 500 milligram. de spath séparé aux tamis n° 25 et n° 120 et celle de 500 milligram. de calcaire contenu dans une terre calcaire passée au tamis n° 25 (fig, 8).

Durée	Poids de calcaire dissous		Déviation correspondante du style	
—	spath	terre	spath	terre
10	198	409	24	49.5
50	438	476	53	57.7
100	463	500	56	60.5
500	500	»	60 5	»
1000	»	»	»	»

Fig. 8. — Graphiques d'attaque obtenus pour le spath trituré et tamisé CS et pour une terre calcaire TC.

On voit, en comparant soit les chiffres des tableaux précédents, soit les graphiques (fig. 7 et 8) qui reproduisent la marche de l'attaque pendant les 100 premières secondes, que l'analogie dans les courbes calculées et dans les graphiques de l'inscripteur n'est réalisée qu'autant que l'on fait considérablement prédominer dans les assemblages les particules de faible diamètre. Dans la combinaison n° 5, qui commence seule à se rapprocher de l'allure révélée par les graphiques de la fig. 8, on a donné aux nombres n, n', n'', n''' des particules des diverses catégories des valeurs en raison inverse du cube des rayons. Cette relation implique que les volumes des quatre catégories de particules sont à peu près de même ordre. Telle serait à peu près la constitution des calcaires faiblement divisés. Dans

les terres calcaires finement divisées, cette prédominance des particules de faible diamètre serait encore plus marquée.

Lorsque le tracé représentant la marche de l'attaque pour un calcaire déterminé a été obtenu, on peut en déduire de la manière suivante la valeur de la *vitesse d'attaque spécifique* (fig. 9). On trace la tangente à l'origine de la courbe. La direction de cette tangente se confond très sensiblement avec celle d'une droite assujettie à s'appuyer sur les extrémités des deux premiers ressauts séparant les attaques des deux premières secondes successives. La perpendiculaire TM, qui mesure l'inclinaison de cette tangente, est représentée par l'arc décrit par le style. Cet arc coupe la ligne des abscisses au point M situé à une distance AM du point A, où la tangente coupe la même ligne des abscisses. L'inclinaison de la tangente est exprimée par le quotient $\frac{MT}{AM}$. Comme la graduation des courbes de l'inscripteur est faite selon des ordonnées verticales, il convient de remplacer TM par TN. Si l'on multiplie TN par $\frac{500}{60.5}$, on transforme l'ordonnée mesurant l'inclinaison de la tangente en poids de carbonate de chaux; et si l'on divise AM par 1.25, on obtient la valeur en secondes du trajet AM du style. Le quotient $\frac{TN\,500 \times 1,25}{AM\,60,5}$ représente la vitesse d'attaque à l'origine. Il suffit de la diviser par la surface initiale S déduite des mesures de perméabilité pour obtenir la vitesse d'attaque spécifique du calcaire essayé.

Toutefois le tracé de la tangente à l'origine ne laisse pas que de présenter quelque incertitude surtout pour les calcaires à attaque rapide. De plus, l'attaque d'un calcaire par la solution acide n'est pas instantanée ; elle débute, en général, par une attaque moins rapide, qui n'atteint quelquefois qu'au bout de plusieurs secondes son régime normal. L'inclinaison de la tangente à l'origine ne correspond donc pas toujours à la vitesse d'attaque normale de la roche. Aussi avons-nous été amenés à substituer à la mesure de la vitesse d'attaque spécifique à l'ori-

gine la vitesse d'attaque déduite du premier tiers de la réaction. La surface d'attaque qui correspondrait à cette période serait intermédiaire entre la surface initiale et la surface réduite après l'attaque du premier tiers. Nous avons remplacé cette surface par la surface initiale, et nous avons donné comme expression de la vitesse d'attaque spécifique des divers calcaires dans le tableau

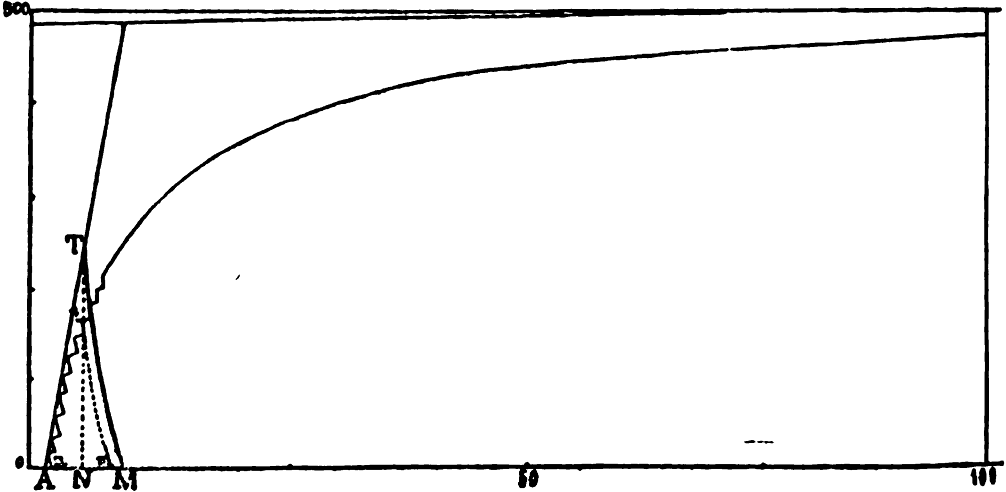


Fig. 9. — Détermination de la vitesse d'attaque spécifique d'un calcaire.

suivant : le quotient du premier tiers de l'attaque totale par le nombre de secondes correspondant et par la surface initiale de la roche. L'erreur ainsi commise affecte dans le même sens tous les essais, et les vitesses d'attaque spécifiques déduites pour les divers échantillons de calcaire restent comparables entre elles. Dans le graphique de la fig. 9, la vitesse d'attaque du premier tiers N*t* est représentée par l'inclinaison de la droite menée par *a* et par *t*. Cette inclinaison diffère peu, on le voit, de celle de la tangente à l'origine AT.

La détermination des vitesses d'attaque a porté sur une série d'échantillons de roches calcaires empruntées plus spécialement à la région méridionale, mais correspondant aux principales formations géologiques.

Vitesse d'attaque spécifique des calcaires.

DÉSIGNATION DES ROCHES CALCAIRES	CARBONATE DE CHAUX correspond. à CO^2 dégagé par 100 parties de la roche	CARBONATE DE CHAUX attaqué par seconde	SURFACE TOTALE des particules de 5?0 mgr. de la roche	VITESSE d'attaque spécifique
Marne pliocène à rognons..........	93.2	113	83.90	1.350
Craie blanche de Meudon..........	99.0	94.4	76.92	1.227
Calcaire à miliolites.	99.0	53	60.14	0.883
Tuf quaternaire poreux............	94.1	74	83.90	0.882
Mollasse de Montpellier............	53.7	42.5	57.42	0.745
Calcaire lacustre inférieur..........	93	37.8	56.84	0.665
Calcaire néocomien jaune terreux (St-Jean-de-Cuculle)....	93	42.5	80.69	0.525
Calcaire rouge de montagne (dévonien)	97	35.5	73.40	0.484
Calcaire carbonifère..............	93.3	34.0	74.59	0.456
Dolomie caverneuse de Saint-Béat...	95	32.7	74.49	0 439
Calcaire dolomitique cristallin (Pic Saint-Loup)..................	103.2	32.7	74.70	0.437
Calcaire corallien (Saint-Georges)....	95.9	37.8	85	0.435
Calcaire cipolin..................	93.3	31.0	76	0.407
Calcaire coquillier (coquilles tertiaires triturées)....................	97.5	42.5	103	0.407
Calcaire jurassique à A. polyplocus..	97	31	83.16	0 373
Calcaire lacustre supérieur.........	98	48.5	102.05	0.370
Calcaire néocomien à serpules......	91	32	89	0.360
Calcaire corallien rose (Lavalette). ..	95.9	28.3	82.5	0.342
Calcaire dévonien de Caunes........	95	24.2	74.70	0.325
Calcaire noir de l'Ariège (terrains primaires)....................	92.5	21.3	74.83	0.285
Calcaire noir dévonien de Marignac..	92	21.3	76.87	0.277
Spath (calcaire cristallisé en rhomboèdres)	100	17.0	65	0.262
Calcaire oxfordien (Saint-Georges)...	80	24.2	96.5	0.250
Calcaire bajocien à encrines...... ..	82.6	17.9	75.5	0.237
Calcaire bajocien à chailles.........	81.8	18.9	91	0.209
Calcaire néocomien (Lavalette)......	92.5	20.0	102	0.198
Dolomie poreuse (Cargneule)........	69.5	16.5	98.05	0.168
Aragonite (carbonate prismatique)...	97	12.1	75	0.160
Calcaire bajocien à cancellofícus.....	62	7.95	76	0.104
Marbre altéré des Pyrénées (terrains primaires)....................	35.5	1.91	57.06	0.035
Calcaire bajocien dolomitique.......	81	2.24	86	0.026
Calcaire noirâtre dolomitique (Pic Saint-Loup)...................	101.8	0.373	73.57	0.00508
Dolomie ferrugineuse de l'Ariège....	80	0.154	76.03	0.00202
Calcaire bajocien bitumineux.......	94	0.100	78	0.00128
Calcaire dévonien (Lodève)..	77	0.060	65	0 00093

Le tableau ci-dessus, dans lequel sont consignés les princi-

paux résultats obtenus par l'application de notre méthode, mentionne : 1° la nature géologique des calcaires essayés et leur teneur en carbonate de chaux [1] déduite de l'acide carbonique dégagé ; 2° la surface totale extérieure des particules contenues dans 500 milligram. de l'échantillon ; 3° le poids de calcaire attaqué par seconde ; 4° le poids de calcaire attaqué par seconde et par centim. carré ou *vitesse d'attaque spécifique*.

La figure 10 reproduit les graphiques de l'attaque de six variétés de calcaire différant assez notablement par les valeurs

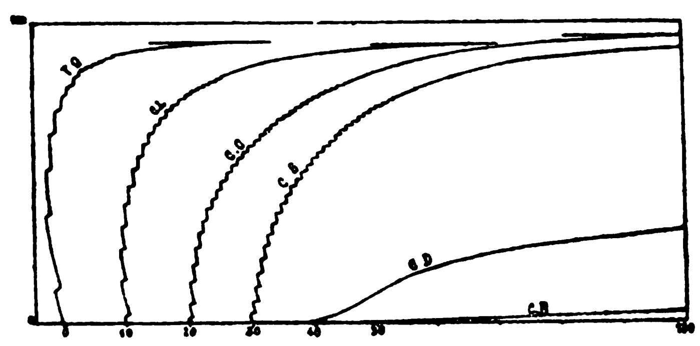


Fig. 10. — Graphiques d'attaque de divers calcaires : TQ tuf quaternaire, CL calcaire lacustre, CC calcaire coralien, CS spath, CD calcaire dolomitique, CB calcaire bitumineux.

de leur vitesse d'attaque spécifique. Ce sont : le tuf quaternaire TQ, le calcaire lacustre CL, le calcaire corallien CC, le spath CS, le calcaire dolomitique CD et le calcaire bitumineux CB.

Les *vitesses d'attaque spécifiques* des diverses variétés de calcaire varient, on le voit, entre des limites très étendues, soit depuis 1,350 pour la marne pliocène à rognons jusqu'à 0,00093 pour le calcaire dévonien de Lodève.

Les plus grandes vitesses d'attaque sont présentées par les

[1] Cette valeur ne correspond exactement à la teneur pour 100 en calcaire de la roche qu'autant qu'elle ne renferme que du carbonate de chaux. Pour les calcaires magnésiens, cette valeur est légèrement supérieure à leur teneur en carbonate.

calcaires à texture poreuse, se désagrégeant plus ou moins facilement et possédant une faible densité qui s'abaisse, dans le cas du tuf quaternaire, jusqu'à 1,85, tandis que la densité des calcaires compacts est voisine de 2,65.

Les plus faibles vitesses d'attaque sont données par les calcaires dolomitiques ou bitumineux ou par certains calcaires anciens. Enfin les vitesses d'attaque moyennes correspondent aux différentes variétés de calcaires cristallisés ou amorphes, mais compacts, appartenant aux diverses formations géologiques, mais plus spécialement aux terrains jurassiques.

L'exagération de la vitesse d'attaque pour les calcaires poreux peut s'expliquer par le fait que la surface d'attaque présentée par les particules est supérieure à leur surface extérieure. La solution acide pénètre les particules et la réaction s'opère à la fois à l'extérieur et partiellement à l'intérieur dans le voisinage de la surface. De plus, les particules primitives peuvent se désagréger, et la surface d'attaque se trouve ainsi augmentée.

La réduction de la vitesse d'attaque pour certains calcaires paraît due à la présence de matières étrangères qui enrobent les particules et les soustraient partiellement à l'action de l'acide : tel est le cas des calcaires bitumineux. Le calcaire bajocien à chailles, contenant des inclusions de silice, est, de ce fait, moins attaquable que les autres calcaires jurassiques.

Enfin, indépendamment de ces diverses causes qui expliquent quelques-unes des particularités des vitesses d'attaque spécifiques des divers calcaires, on peut encore invoquer l'existence d'états physiques différents déterminant des vitesses de réaction inégales. Le carbonate de chaux cristallisé en rhomboèdre (spath) (densité 2,65) s'est montré plus attaquable que le carbonate de chaux cristallisé en prisme (aragonite) (densité 2,92).

Indépendamment du caractère tiré de la vitesse d'attaque spécifique déduite de la marche du dégagement gazeux pendant le premier tiers de la réaction, chaque calcaire, pour un état de division déterminé, présente un régime d'attaque différent et qui

peut parfois servir à le caractériser, bien qu'un certain nombro de calcaires présentent un régime d'attaque assez analogue. Le tableau précédent donne la marche de l'attaque par l'acide chlorhydrique dilué de divers calcaires seconde par seconde, de

Marche de l'attaque par l'acide chlorhydrique de divers calcaires.

INTERVALLE DU TEMPS		MARNES pliocènes	CALCAIRE lacustre inférieur	CALCAIRE corallien	SPATH	CALCAIRE dolomitique
		millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
De 0 sec.	à 1 sec.....	14.5	7.0	4.5	1.4	0.3
1	2	11.5	6.0	5.2	1.9	0.3
2	3	8	4.5	4.6	2.2	0.4
3	4	6	4.5	3.6	2.3	0.5
4	5	4	3.5	3.4	2.3	0.3
5	6	2	3.4	3.0	2.0	0.6
6	7	2	2.6	2.8	2.2	0.6
7	8	1.8	2.4	2.5	1.8	0.6
8	9	1.3	2.0	2.0	1.8	0.7
9	10	0.8	1.9	1.8	1.8	0.6
10	15	2.0	6.1	7.0	7.3	2.5
15	20	0.8	3.1	4.7	6.1	2.3
20	25	0.3	2.1	3.2	5.2	1.8
25	30	0.1	1.7	2.4	4.3	1.6
30	35	0.0	1.0	1.8	3.2	1.4
35	40	»	1.0	1.2	3.0	1.2
40	45	»	0.5	0.9	2.3	1.0
45	50	»	0.3	0.5	1.7	1.0
50	100	»	0.0	2.0	9.0	4.4
100	200	»	»	0.4	0.0	1.4
200	400	»	»	0.0	»	1.8

0 secondo à 10 secondes, par 5 secondes de 10 secondes à 50 secondes, puis, pour des intervalles plus distants.

On voit que, tandis quo l'attaque est terminée pour la marne pliocène au bout de 30 secondes, elle n'est pas complète pour le calcaire dolomitique au bout de 400. Quelques calcaires exigen même plusieurs heures pour que la réaction soit achevée.

D'autre part, tandis que pour la marne pliocène, l'attaque se ralentit progressivement depuis l'origine jusqu'à la fin de la réaction, le dégagement subit, au contraire pour le calcaire dolo-

Diversité d'allure présentée par l'attaque de deux calcaires.

INTERVALLE DE TEMPS	CALCAIRE dolomitique bajocien	CALCAIRE bitumineux bajocien
	millim.	millim.
De 0 sec. à 50	17.7	2.1
50 100	4.4	0.8
100 1000	8.2	9.7
1000 2000	10.5	14.7
2000 3000	6.7	13.6
3000 4000	2.4	9.1
4000 5000	0.8	5.0
5000 6000	0.0	2.1

mitique, un brusque ralentissement après l'attaque d'une quantité de calcaire égale au tiers environ de la teneur en calcaire de la roche, indiquant un changement de régime d'attaque. L'examen du calcaire dolomitique montre que la roche est formée de deux variétés de calcaire distinctes, une partie friable, qui s'attaque rapidement la première, et une partie cristalline et compacte, constituant les cloisons des lacunes caractéristiques de cette variété de calcaire dolomitique (Cargneule) (fig. 11).

Le tableau suivant permet de comparer plus facilement les régimes d'attaque essentiellement distincts de deux calcaires caractérisés l'un et l'autre par une durée assez considérable de la période d'attaque totale.

L'attaque, rapide au début pour le calcaire dolomitique, se réduit brusquement après 50 secondes, puis décroît graduellement. Pour le calcaire bitumineux, l'attaque est lente et régulière ; elle présente un léger accroissement de vitesse de 1000 à 2000 secondes, puis décroît graduellement.

L'inscripteur précédemment décrit se prête, on le voit, non

seulement à la détermination de la vitesse d'attaque spécifique des divers calcaires ; il permet encore d'analyser plus intimement la marche caractéristique de leur attaque. Nous verrons

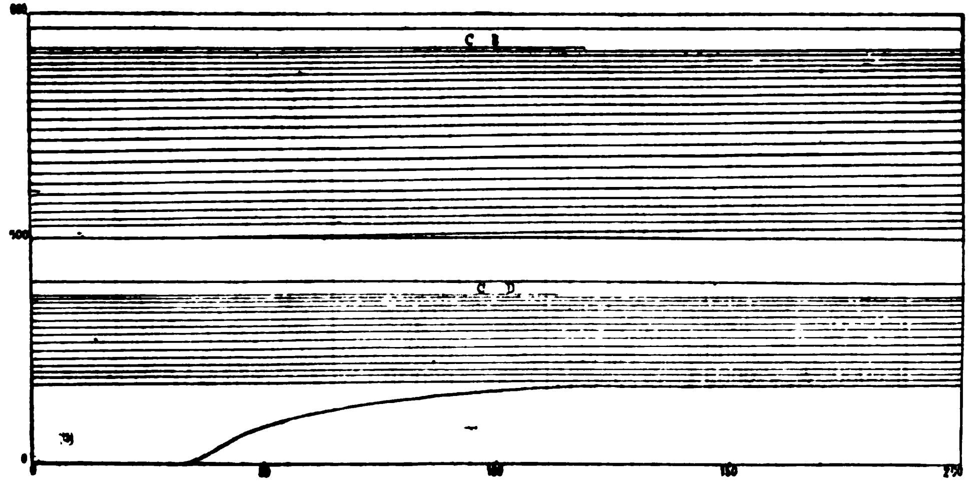


Fig. 11. -- Graphiques d'attaque : CB calcaire bitumineux, CD calcaire dolomitique.

ultérieurement qu'il est également applicable à la mesure de la vitesse d'attaque des diverses terres calcaires renfermant cet élément à des états de ténuité essentiellement différents.

III. — Étude comparée des divers acides pour la détermination de l'état physique du calcaire.

1° *Vitesse d'attaque du calcaire par l'acide carbonique en dissolution.* — Pour étudier les variations des vitesses d'attaque des diverses variétés de calcaire par les dissolutions d'acide carbonique et les comparer avec les vitesses d'attaque déterminées par l'acide chlorhydrique ou l'acide tartrique, nous avons adopté le dipositif suivant. Un flacon de verre de 1 litre de capacité à parois épaisses fermé par un bouchon à vis V comprimant une rondelle de cuir, reçoit 700^{cc} d'eau distillée. Dans l'axe du flacon est fixé un tube générateur d'acide carbonique *ts*, disposé de

telle sorte que l'acide carbonique ne commence à se dégager qu'après la fermeture du flacon.

A cet effet, le tube générateur est chargé de 3 gram. de carbonate de soude en poudre tassé à sa partie inférieure. Au-dessus du carbonate est maintenu, à 3 centim. d'écartement, l'orifice d'un tube *t* rétréci à sa partie inférieure et renfermant 8^{cc} d'acide sulfurique étendu de son volume d'eau. Le rétré-

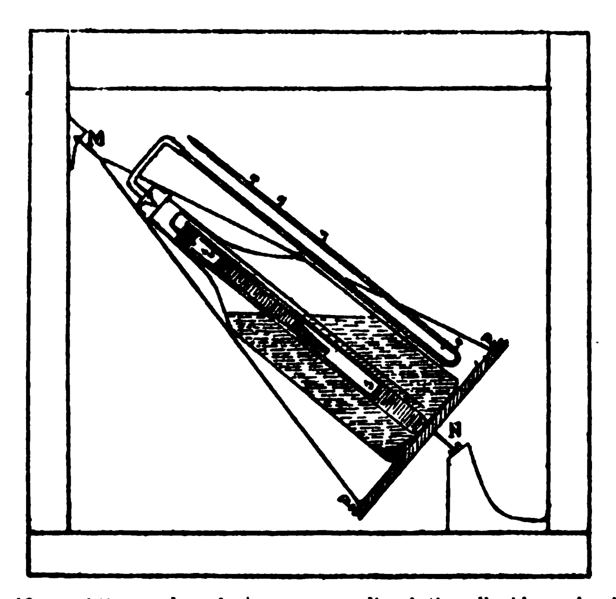


Fig. 12 — Attaque du calcaire par une dissolution d'acide carbonique.

cissement qui conduit à l'orifice du tube est rempli d'une colonne de carbonate de soude fortement tassé, de 2 centim. de longueur sur 3 $^{m}/_{m}$ de diamètre. Cette colonne de carbonate établit une séparation momentanée entre l'acide et les 3 gram. de carbonate de soude qui doivent fournir l'acide carbonique nécessaire à la saturation des 700^{cc} d'eau distillée enfermés dans le flacon. En deux minutes environ, la séparation est détruite, et l'acide tombe sur le carbonate de soude, qu'il attaque assez rapidement, mais avec régularité. Un tube abducteur fixé au sommet du tube générateur oblige l'acide carbonique à se dégager

à l'intérieur du liquide contenu dans le flacon. Le bouchon à vis qui ferme le flacon est percé d'un orifice sur lequel est adapté un manomètre à air comprimé servant à indiquer la pression intérieure du mélange gazeux.

Pour étudier la vitesse d'attaque spécifique des divers calcaires, on a préparé un échantillon de la roche triturée au marteau dont on régularise l'état de division à l'aide de deux tamisages successifs opérés l'un au tamis n° 25, l'autre au tamis n° 60. Le tamis n° 25 compte 9 mailles au centimètre, le diamètre des fils est de 0m/m35 ; le tamis n° 60 compte 24 mailles au centimètre; le diamètre des fils est de 0m/m175. Le diamètre des particules réservées pour l'essai qui passent au tamis n° 15 et restent sur le tamis n° 60 est ainsi compris entre 0m/m346 et 0m/m761. On enlève, par un lavage méthodique dans une éprouvette, les particules de plus faible diamètre qui pourraient être restées adhérentes aux particules tamisées. Quand l'eau de lavage s'écoule absolument limpide, l'échantillon est jeté sur un filtre, puis desséché à l'étuve.

On détermine alors, à l'aide de l'appareil pour la mesure des perméabilités, la valeur de la surface extérieure des particules pour 2 gram. de chaque échantillon calcaire. Nos observations ont porté sur trois calcaires caractérisés par des vitesses d'attaque à l'acide chlorhydrique essentiellement différentes. Voici les résultats donnés par les mesures de perméabilité faites sous un tassement de 10 kgs par centimètre carré.

	DÉBIT par minute q' $h = 20$ gr.	VOLUME du calcaire pour 2 gr.	DENSITÉ
Tuf quaternaire.......	1417cc	1cc80	1.46
Calcaire corallien.....	1500cc	1cc45	2.65
Calcaire bitumineux....	1575cc	1cc40	2.65

La surface extérieure des particules a été calculée par la relation

$$S = 832.6\sqrt{\frac{s^3 l}{q'}}$$

qui donne la surface S en fonction de s, section totale des orifices capillaires, la longueur l de ces orifices et q' débit du gaz par minute dans les conditions de pression de l'expérience. S et s sont exprimés en millimètres carrés, l en millimètres et q' en centimètres cubes. On obtient ainsi les valeurs suivantes pour la surface totale S particules contenues dans 2 gram. de chaque échantillon :

Tuf quaternaire....................	S = 110^{cq}.
Calcaire corallien..................	S = 172^{cq}.
Calcaire bitumineux.................	S = 244^{cq}.

Pour déterminer la vitesse de dissolution du calcaire dans la solution d'acide carbonique, on introduit dans le flacon précédemment décrit 2 gram. de l'un des échantillons ; on y verse les 700^{cc} d'eau distillée, et l'on insère le tube générateur d'acide carbonique ; puis l'on ferme rapidement à l'aide du bouchon à vis, et l'on agite de 2 en 2 minutes jusqu'à cessation du dégagement de l'acide carbonique ; on lit alors le manomètre.

Le flacon est ensuite déposé sur un plateau P P (fig. 12) incliné à 45° sur l'horizontale et recevant d'une petite turbine à eau un mouvement régulier de rotation de 45 tours environ par minute. La rotation du système oblige le calcaire à s'étaler sur le fond du flacon, et les remous provoqués à l'intérieur du liquide renouvellent sans cesse la solution en contact avec les particules calcaires. Après deux heures de rotation, on agite une dernière fois à la main vivement, et l'on fait une deuxième lecture du manomètre. On ouvre le flacon, et l'on prélève deux échantillons de 250^{cc} du liquide.

Les 250^{cc} du liquide tenant en dissolution le carbonate sont portés à l'ébullition pendant une heure jusqu'à réduction de leur volume à 100^{cc} environ. Si le carbonate de chaux dissous est supérieur à celui qui peut rester en dissolution en l'absence d'acide carbonique, il se forme un précipité que l'on recueille sur un double filtre. Le liquide filtré est ensuite évaporé jusqu'à

siccité. Le résidu, repris à l'acide chlorhydrique, est précipité par le carbonate de soude; on obtient ainsi un nouveau précipité de carbonate de chaux qui est ajouté au premier précipité obtenu.

Nos comparaisons, qui ont porté sur les 3 calcaires, dont les surfaces de dissolution ont été indiquées plus haut, ont donné les résultats suivants :

1re EXPÉRIENCE. — TUF QUATERNAIRE (5 juillet 1893).

Durée de l'attaque par l'acide carbonique	2h18m
Pression moyenne au manomètre	1atm77
Température du liquide	28°7
Volume d'acide carbonique dissous par litre	955cc
Carbonate de chaux dosé (échantillon n° 1) par litre	316mgr
Carbonate de chaux dosé (échantillon n° 2) par litre	308mgr
Carbonate de chaux dissous par la solution (700cc)	218mgr
Carbonate de chaux dissous par heure par la solution	95mgr
Carbonate de chaux dissous par heure par solution contenant son volume de CO^2	99mgr
Surface totale des particules de 2 grammes	110cq
Vitesse d'attaque par seconde et par centimètre carré	0mgr000250

2e EXPÉRIENCE. — CALCAIRE CORALLIEN (7 juillet 1893).

Durée de l'attaque par l'acide carbonique	2h24m
Pression moyenne au manomètre	1atm76
Température du liquide	28°6
Volume d'acide carbonique dissous par litre	946cc
Carbonate de chaux dosé (échantillon n° 1)	136mgr
Carbonate de chaux dosé (échantillon n° 2)	128
Carbonate dissous par la solution (700cc)	92
Carbonate dissous par heure par la solution	38,5
Carbonate dissous par heure par la solution contenant son volume de CO^2	40,5
Surface totale des particules de 2 grammes	272cq
Vitesse d'attaque par seconde et par centimètre carré	0,0000415

3e EXPÉRIENCE. — CALCAIRE BITUMINEUX (17 juillet 1893).

Durée de l'attaque par l'acide carbonique	2h12m
Pression moyenne au manomètre	1atm81

Température du liquide	27°
Volume d'acide carbonique dissous par litre	1010cc
Carbonate de chaux dosé (échantillon n° 1) par litre	52mgr
Carbonate de chaux dosé (échantillon n° 2) par litre	52
Carbonate dissous par la solution (700cc.)	36,4
Carbonate dissous par heure par la solution	16,6
Carbonate dissous par heure par la solution contenant son volume de CO^2	16,4
Surface totale des particules de 2 grammes	244cq
Vitesse d'attaque par seconde et par centimètre carré	0,0000187

Le tableau suivant donne les vitesses d'attaque spécifiques mesurées sur les mêmes échantillons pour les trois acides chlorhydrique, tartrique et carbonique. L'acide chlorhydrique qui a servi à l'attaque a été dilué de trois fois son volume et l'acide tartrique de trois fois son poids d'eau. La solution d'acide carbonique contenait son volume de ce gaz.

	VITESSE D'ATTAQUE		
	Tuf quaternaire	Calcaire corallien	Calcaire bitumineux
Acide chlorhydrique	1mgr443	0.407	0.00272
Acide tartrique	0.173	0.047	0 00043
Acide carbonique	0.000250	0.0000415	0.0000187

Si l'on fait égale à 100 la vitesse d'attaque du tuf quaternaire par chacun des acides comparés, celle des deux autres calcaires essayés est représentée respectivement par les nombres suivants :

	Tuf quaternaire	Calcaire corallien	Calcaire bitumineux
Acide chlorhydrique	100	28.2	0.188
Acide tartrique	109	27.2	0.248
Acide carbonique	100	16.6	7.480

Les calcaires extrêmes, le tuf quaternaire et le calcaire bitumineux présentent ainsi de moins grands écarts dans leurs vitesses de solubilité à l'acide carbonique que dans leurs vitesses d'attaque par l'acide chlorhydrique et tartrique. Le sens du phénomène est toutefois conservé. On voit en outre que pour le tuf quater-



naire et le calcaire corallien, dont les vitesses d'attaque correspondent à celles des variétés de calcaire les plus répandues, la proportionnalité des vitesses d'attaque pour les divers acides est mieux satisfaite que pour le calcaire bitumineux. On peut remarquer d'ailleurs que ce dernier présente, au point de vue de l'attaque des acides, une constitution essentiellement différente de celle des autres calcaires. Il renferme des matières bitumineuses qui peuvent influer, indépendamment de la structure physique du calcaire, sur l'attaque des acides.

La faiblesse de la vitesse d'attaque des calcaires par la solution d'acide carbonique contenant son volume de gaz fait prévoir quelle est la lenteur du phénomène de dissolution dans le sol où la proportion en acide carbonique ne dépasse pas, en général, 1 %. De plus, tandis que dans nos expériences le contact du liquide avec le calcaire était constamment renouvelé, les liquides du sol ne sont soumis qu'à des déplacements de vitesse excessivement réduite. On peut remarquer en outre que ce seront les calcaires les plus fins où la vitesse de circulation du liquide dissolvant sera le plus faible. De telle sorte que, malgré l'exagération des surfaces d'attaque dans les sols à éléments fins et la faiblesse du taux de calcaire nécessaire à la saturation des eaux du sol, il est possible que l'équilibre de saturation demande plusieurs jours pour être atteint. Si d'autre part les eaux du sol exigent un maximum de teneur en calcaire pour déterminer l'accident de la chlorose, on comprendrait que cette condition ne puisse être remplie qu'à certaines époques de l'année et pour des sols où le calcaire se présente sous un état de division suffisant.

2° *Mesure de la vitesse spécifique du calcaire dans le sol.* — Nous avons vu précédemment que la quantité de calcaire attaquée par seconde P était proportionnelle à la vitesse spécifique d'attaque V du spath par l'acide chlorhydrique, à un facteur K dépendant de la nature du calcaire et à la surface S offerte par les particules de la roche : on aurait $P = KVS$. Si l'on remplace

l'acide chlorhydrique par un acide A, il semble que l'on puisse obtenir la valeur de la quantité de calcaire attaquée par seconde en multipliant l'expression précédente par un coefficient K′ exprimant le rapport de l'énergie d'attaque A par rapport à celle de l'acide chlorhydrique. Mais cette conclusion ne saurait être exacte qu'autant que l'on supposerait que pour les diverses variétés de calcaire les vitesses d'attaque spécifiques des divers acides restent proportionnelles. Il faudrait supposer en un mot que, si la vitesse d'attaque du calcaire par l'acide tartrique varie de 1 à 1/10 par exemple en passant du calcaire corallien au calcaire bitumineux, cette réduction se fait aussi dans le même rapport pour chacun des acides employés. L'expérience montre que, si cette conclusion se vérifie pour un certain nombre de variétés de calcaire de constitution voisine, elle ne s'applique pas aux calcaires qui diffèrent notablement au point de vue des vitesses d'attaque. Il faudrait, à la vérité, choisir un acide qui présenterait pour les divers calcaires des énergies d'attaque proportionnelles à celles des solutions d'acide carbonique. Mais si un tel acide n'existe pas, il faudra rechercher celui qui s'en rapprochera le plus et qui tout au moins sera susceptible d'attaquer avec des énergies différentes tous les calcaires attaquables à l'acide carbonique.

Parmi les divers acides qui paraissent devoir remplir ces conditions, nous avons essayé les acides sulfurique, chlorhydrique, tartrique, acétique à divers degrés de dilution.

L'acide sulfurique a tout d'abord dû être éliminé, parce qu'il forme au bout de quelques secondes d'attaque, à la surface des grains de calcaire, un précipité adhérent de sulfate de chaux qui empêche le contact ultérieur de l'acide et limite tout d'abord brusquement l'attaque. Puis l'acide pénètre lentement le calcaire au travers du dépôt de sulfate ; le grain se fissure et se délite en offrant de nouvelles surfaces d'attaque. Celle-ci reprend, et la vitesse de dégagement de l'acide carbonique dans cette deuxième phase mesure la vitesse du délitement de la roche

calcaire pénétrée par l'acide, mais est sans relation directe avec la vitesse d'attaque des particules initiales constitutives du sol.

Une raison analogue a fait rejeter l'emploi de l'acide chlorhydrique non dilué ; il se forme un précipité de chlorure de calcium incomplètement soluble dans une quantité d'acide limitée, et l'attaque du calcaire n'est pas totale par suite de l'adhérence de ce précipité insoluble à la surface des particules.

Les comparaisons ont porté sur l'acide chlorhydrique et l'acide acétique dilué et sur les solutions d'acide tartrique. Un poids de 500 milligr. de spath amené à un même état de division a été traité par les solutions acides suivantes :

1° Acide chlorhydrique : acide à 22° Baumé étendu de 3 fois son volume d'eau ;

2° Acide acétique : acide acétique cristallisable étendu de 3 fois son volume d'eau ;

3° Acide tartrique : acide tartrique cristallisé étendu de 3 fois son poids d'eau.

L'attaque a été opérée dans l'appareil inscripteur qui a servi à la détermination de la vitesse d'attaque spécifique des diverses variétés de calcaire. Les chiffres du tableau suivant donnent la valeur de l'attaque au bout de temps successifs en l'exprimant en déviations du style mesurées en millimètres. 500 milligr. de calcaire attaqués correspondent à une déviation du style de $60^{m}/^{m},5$. Le poids de calcaire attaqué dans chaque phase de la réaction s'obtiendrait donc en multipliant la déviation du style par $\frac{500}{60,5}$.

La figure 13 représente la marche de l'attaque comparée des trois acides pendant les 100 premières secondes. AT représente l'attaque par l'acide tartrique, O l'attaque du calcaire par l'acide chlorhydrique, AA par l'acide acétique.

L'acide chlorhydrique est le seul qui détermine l'attaque rapide et complète des 500 milligr. de spath. Avec l'acide tartrique elle est limitée en L. Avec l'acide acétique elle est très lente,

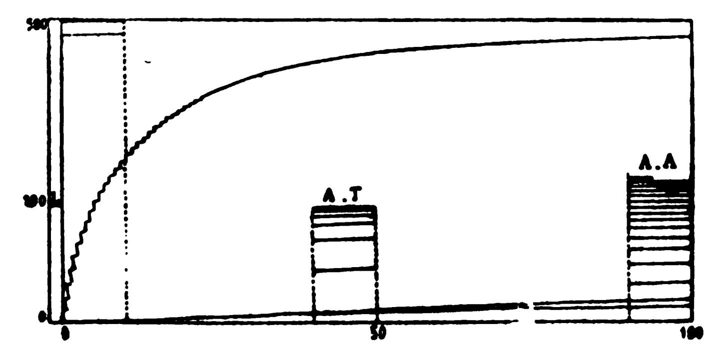


Fig. 13. — Attaque comparée d'un calcaire par les acides chlorhydrique, tartrique, acétique.

ATTAQUE DE 500mgr DE SPATH (SURFACE INITIALE = 65cq).

Durées	Acide chlorhydrique	Acide tartrique	Acide acétique
	Déviation du style en millim.		
0″	0	0	0
10	24mm	»	»
20	38	»	»
30	45	»	»
40	49.5	»	»
50	52.2	2.2	2.1
100	»	4.0	2.8
200	»	8.5	5.3
300	»	12.0	7.6
400	60.5	15.0	9.6
500		17.2	11.7
600		18.5	13.2
700		19.7	14.7
800		20.5	15.9
900		21.2	17.0
1000		21.7	18.0
2000		23 (limite)	25.0
3000		»	29.0
		»	l'attaque continue

et, avant que la moitié du calcaire ait été dissoute, l'ascension du style est si lente que les traits tracés à 200 secondes d'intervalle se recouvrent sensiblement. Il devient impossible de suivre la marche de l'attaque, surtout pour les calcaires difficilement attaquables.

Notre choix semblait donc devoir se porter sur l'acide chlorhydrique. Toutefois il avait l'inconvénient de produire une attaque trop rapide, et, dans le cas des sols à calcaire très divisé, il était difficile de déterminer les vitesses d'attaque pendant les premières phases de la réaction, où elles présentent précisément le plus d'intérêt. Nous avons essayé de réduire cette énergie d'attaque en augmentant la dilution de l'acide. Le tableau suivant donne la marche de l'attaque de 500 milligr. de spath par l'acide chlorhydrique à divers degrés de dilution :

ATTAQUE DE 500mgr DE SPATH. SURFACE = 65cq.

Acide chlorhydrique.

Durées	1 vol. acide + 3 vol. d'eau V = 10cc	1 vol. acide + 7 vol. d'eau V = 20cc	1 vol. acide + 15 vol d'eau V = 20cc
	Déviation du style en millimètres		
0″	0	0	0
10	24	11.5	5
20	38	23.0	12
30	45	30.0	19
40	49.5	36.5	25
50	52.2	39	30
100	56.2	44	38.5
200	59.0	48	44.0
300		50	45.5
400		51.5	47.2
500		52.5	48.2
att. comp.	60.5	54.0	52.5

La vitesse d'attaque décroît, on le voit, assez rapidement avec la dilution de la solution acide ; mais, pour la ramener à la valeur de la vitesse d'attaque déterminée par la solution d'acide tartrique, il conviendrait toutefois d'essayer encore davantage la dilu-

tion de l'acide. Il arriverait alors que la quantité d'acide contenu dans 10^{cc} de la solution serait insuffisante à attaquer 500 milligr. de calcaire, ou tout au moins que les variations d'acidité de la solution présenteraient des écarts très grands du commencement à la fin de l'attaque.

Si l'on voulait maintenir constante la quantité d'acide réagissant, il faudrait augmenter considérablement le volume de la solution. Cet accroissement du volume du liquide aurait l'inconvénient d'augmenter notablement la proportion d'acide carbonique dissous et de diminuer la déviation du style en faussant les indications de l'inscripteur. On voit que, dans les expériences qui précèdent, l'augmentation du volume de la solution, porté seulement de 10 à 20^{cc}, et la diminution d'acidité ont amené une dissolution supplémentaire d'acide carbonique déjà sensible qui a réduit la déviation du style de $60^{mm},5$ à $54^{mm},0$ et $52^{mm},5$.

Nous avons ainsi été amenés à adopter l'acide tartrique pour la détermination de la vitesse d'attaque des sols calcaires. L'attaque est, il est vrai, limitée, mais la limitation ne se produit que lorsque la dissolution est saturée par le tartrate neutre de chaux. A la condition de mesurer la vitesse d'attaque pendant les premières phases de la réaction, on obtient assez exactement la vitesse d'attaque du calcaire par l'acide tartrique; elle est proportionnelle à la fois à la vitesse spécifique d'attaque du calcaire et à la surface de ses particules liée à son état de division. Nous verrons en outre que la limite d'attaque totale observée à l'acide tartrique donne, en la comparant à l'attaque totale à l'acide chlorhydrique, une indication spéciale sur la grandeur de la surface extérieure des particules calcaires.

3° *Mesure de la surface extérieure des particules calcaires du sol.* — Si le sol était exclusivement calcaire ou bien encore si le calcaire s'y trouvait dans un état de division semblable à celui des autres particules non calcaires, la mesure de la perméabilité du sol préalablement tamisé, délayé à l'éther et desséché,

ferait connaître la valeur approchée de la surface des particules calcaires. Il suffirait en effet de multiplier la surface correspondant à la perméabilité par le taux du calcaire dans l'échantillon examiné.

Nous verrons ultérieurement que les sols les plus divisés sont aussi ceux où, en général, le calcaire présente un état de division le plus avancé ; mais aucune proportionnalité rigoureuse ne semble *a priori* devoir exister entre le degré de division des particules calcaires et celui des particules non calcaires. Il peut même arriver que, chez certains sables marneux, les particules calcaires présentent une grande ténuité, tandis que les éléments non calcaires y seront très grossiers. La perméabilité moyenne du sol ne saurait, dans ce cas, donner une indication exacte sur la surface des éléments calcaires.

Il semble, au premier abord, que l'on puisse avoir recours à l'artifice suivant pour décider du degré de finesse des particules calcaires comparativement à celui des autres éléments. Ce serait de déterminer d'abord la perméabilité du sol étudié, puis d'enlever le calcaire par l'action de l'acide chlorhydrique et d'opérer une deuxième détermination de perméabilité sur le sol dépouillé de son calcaire. Si la perméabilité mesurée après l'attaque était supérieure à celle du sol complet, on pourrait en conclure que l'élément calcaire y était plus finement divisé que l'élément non calcaire. Si, au contraire, la perméabilité après l'attaque était inférieure à celle d'avant, on serait autorisé à en déduire une conclusion inverse. Mais ce procédé ne pourrait donner qu'une indication sur l'état de division comparé du calcaire et des autres éléments du sol ; il ne pourrait donner aucun renseignement, même approché, pour comparer les surfaces des particules calcaires dans deux sols différents. De plus, l'attaque du sol par l'acide aurait le grave inconvénient de modifier l'état de division des éléments du sol en les désagrégeant. C'est ce qui arriverait infailliblement pour un sable à gros éléments dont les particules renfermeraient du calcaire associé aux autres éléments non cal-

caires. Bien que le calcaire y fût peu divisé à l'origine, l'action de l'acide aurait pour effet de réduire considérablement la perméabilité.

Il restait donc à rechercher un procédé susceptible de donner une indication approchée et tout au moins comparative de la surface d'attaque des particules calcaires dans les divers sols. Ce procédé, nous croyons l'avoir trouvé dans la mesure de l'attaque limitée des calcaires par l'acide tartrique et dans la comparaison du calcaire attaqué par l'acide tartrique avec le calcaire total mesuré par l'attaque à l'acide chlorhydrique.

M. de Montdésir avait indiqué l'emploi de l'acide tartrique comme révélateur du *degré d'assimilabilité* du calcaire, et le rapport variable entre l'attaque à l'acide tartrique et l'attaque à l'acide chlorhydrique avait été attribué par M. Coutagne à l'*inégale facilité d'attaque* des éléments calcaires. Nos recherches nous ont montré que la *limite d'attaque observée* pour la solution d'acide tartrique que nous avons employée et pour un certain rapport entre le volume de la solution et le poids du calcaire réagissant *était intimement liée à la valeur de la surface des particules calcaires* et pouvait servir à la définir.

L'attaque du calcaire par l'acide tartrique donne naissance à de l'acide carbonique qui se dégage et à du tartrate neutre de chaux faiblement soluble dans la solution d'acide tartrique. Une partie du tartrate de chaux se dépose à la surface des particules calcaires aussitôt que la limite de solubilité a été atteinte, et, lorsque l'épaisseur de ce précipité adhérent est devenue suffisante, l'attaque s'arrête définitivement. Pour nous en assurer, 500 milligr. de calcaire (coquilles triturées n° 1) ont été attaqués dans le flacon à réaction de l'appareil par 10^{cc} de la solution contenant 2^{gr},5 d'acide tartrique. Le volume d'acide carbonique dégagé jusqu'à la fin de la réaction, bien avant l'épuisement de la solution acide, correspondait à 388 milligr. de carbonate de chaux. Le résidu comprenant le calcaire non attaqué et le tartrate de chaux formé pendant la réaction a été jeté sur un

filtre et lavé avec une faible quantité d'eau distillée afin de ne pas dissoudre le tartrate de chaux. Le poids du résidu de l'opération desséché à l'étuve a été trouvé de $0^{gr},985$. Si l'on en retranche les $0^{gr},500 - 0^{gr},388 = 0^{gr},112$ de carbonate de chaux non attaqué, il reste $0^{gr},873$ pour la valeur du tartrate de chaux adhérent et précipité.

D'autre part, la réaction peut être interprétée par l'équation chimique :

$$2CaOCO^2 + C^8H^4O^{10}, H^2O^2 + 3H^2O^2 = C^8H^4O^{10}, Ca^2O^2 + 4H^2O^2 + 2CO^2$$

Cette équation indique que 100 de $CaOCO^2$ équivalent, dans cette décomposition, à 260 de tartrate de chaux à 8 équivalents d'eau. L'attaque de $0^{gr},388$ de calcaire a donc donné $0^{gr},388 \times \frac{260}{100} = 1,008$ gram. de tartrate neutre. Comme, d'autre part, le précipité n'en contenait que $0^{gr},873$, il faut en conclure que $0^{gr},135$ sont restés en dissolution.

Le titre initial du liquide en acide tartrique était de $2^{gr},500$ dans 10^{cc} du mélange; le titre final était de $2^{gr},500 - 0,582 = 1^{gr},918$ pour 10^{cc}.

C'est en partant de cette observation que nous nous sommes proposé de déterminer les quantités de tartrate de chaux nécessaires pour limiter l'attaque d'une surface déterminée de calcaire. Nous avons préparé par le clivage des lames de spath de 2 à 3 millim. d'épaisseur et présentant chacune des surfaces totales de 5 à 6 centim. carrés. Ces lames ont été réparties en 3 lots de 2, 4 et 6 lames correspondant à des surfaces variant à peu près comme les nombres 1, 2 et 3 et qui ont été mesurées aussi exactement que possible. Les lames de spath ont été lavées à l'eau puis à l'éther, et, après avoir été séchées au papier buvard, elles ont été introduites dans le flacon à réaction de l'inscripteur et attaquées par 10^{cc} de la solution contenant $2^{gr},500$ d'acide tartrique.

La durée de l'attaque a été de 3000 secondes environ, et au

bout de ce temps le style a cessé de dévier et les traits se sont recouverts assez exactement pendant un temps au moins égal. La déviation H′ du style ainsi mesurée a été prise comme valeur du carbonate de chaux décomposé jusqu'à la cessation de l'attaque du calcaire.

L'expérience a été renouvelée à l'aide de plaquettes de marbre blanc poli, préalablement attaquées pendant 1 minute à l'acide chlorhydrique additionné de trois fois son volume d'eau. L'expérience a été conduite comme avec les lames de spath. Le tableau suivant résume les résultats des deux séries d'expériences.

Surface des lames calcaires (spath)	11^{cq}74	22^{cq}73	33^{cq}50
Déviation limite du style (H′)	19^{mm}5	24^{mm}5	29^{mm}9
Poids du carbonate décomposé (*p*)	161^{mgr}	202^{mgr}	247^{mgr}
Surface des lames calcaires (marbre)	12^{cq}62	24^{cq}14	34^{cq}14
Déviation limite du style (H′)	18^{mm}8	24^{mm}0	30^{mm}5
Poids du carbonate décomposé (*p*)	155	198	252

Il est facile de déduire de ces résultats la valeur de l'épaisseur de la couche de tartrate de chaux qui limite l'attaque ainsi que les poids du calcaire attaqué pour une surface déterminée des lames de calcaire.

On a, en désignant par x le tartrate de chaux dissous et par y le tartrate précipité adhérent par centimètre carré, exprimés l'un et l'autre en déviation du style de l'inscripteur dont les excursions limites sont h et h' pour des surfaces d'attaque s et s':

$$x + ys = h \quad \text{et} \quad x + ys' = h'.$$

Si l'on prend les déterminations 1 et 2 du spath, on obtient les deux équations :

$$(1)\ x + 11{,}74\,y = 19{,}5 \quad \text{et} \quad x + 22{,}73\,y = 24{,}5\ (2).$$

Des équations (1) et (2) on déduit la valeur de x et celle de y,

on trouve $y = 0{,}457$ et $x = 14{,}13$.

Si l'on calcule de même x et y pour les observations 1 et 2 des plaques de marbre, on obtient pour x et pour y des valeurs voisines, savoir :

$$x = 13{,}11 \quad \text{et} \quad y = 0{,}452.$$

Nous avons pris pour x et y les moyennes des deux séries d'expériences qui donnent : $x = 13{,}62$ et $y = 0{,}454$. A l'aide de ces valeurs, nous avons calculé les valeurs de h pour les trois déterminations relatives aux lames de spath. Nous avons ainsi obtenu les vérifications suivantes :

Surface des lames calcaires	Déviation limite du style calculée	Déviation limite du style observée
11cq74	28,8	29,9
22cq73	24,0	24,5
33cq50	19,0	19,5

L'interprétation du phénomène de la limite d'attaque à l'acide tartrique que l'on vient de donner permet de calculer la quantité de tartrate de chaux qui entre en dissolution jusqu'au moment où commence la précipitation du tartrate. Une déviation de $60^{mm},5$ du style correspondant à 500 milligr. de carbonate de chaux, la déviation $x = 13^{mm},62$ correspondra à $\frac{13{,}62}{60{,}5} \times 500 = 112$ milligr. de carbonate de chaux attaqué pendant la période de dissolution du tartrate et équivalent à $112 \times \frac{260}{100} = 292$ milligr. de tartrate neutre de chaux.

Le poids de carbonate de chaux correspondant au tartrate adhérent aux lames de calcaire est égal, par centimètre carré, à $\frac{y}{60{,}5} \times 500 = \frac{0{,}454}{60{,}5} \times 500 = 3^{mgr},76$ équivalent à $9^{mgr},75$ de tartrate neutre de chaux. Si l'on admet pour le tartrate la densité de 2,0, le volume du précipité serait $4^{mmc},87$, et son épaisseur à la surface du calcaire de $0^{mm},0487$, soit inférieure à $\frac{5}{100}$ de millimètre.

L'épaisseur totale du calcaire corrodé dans l'attaque à l'acide tartrique de la surface de spath de $33^{cq},50$ se déduit de la déviation totale du style $h = 29^{mm},9$. Le poids du calcaire détruit sera : $\frac{29,9}{60,5} \times 500 = 247^{mgr}$ qui, pour une densité $D = 2,65$, occupe un volume de $93^{mmc},2$. L'épaisseur de la couche e détruite pendant l'attaque sera $e = \frac{93,2}{3350} = 0^{mm},0277$. Elle sera inférieure à $\frac{3}{100}$ de millimètre.

Nous nous sommes proposé de rechercher s'il existait une relation entre la surface des particules et l'état de division du calcaire d'une part, et les poids ou le volume du calcaire attaqué et du calcaire non attaqué par l'acide tartrique d'autre part. Si nous supposons tout d'abord que le calcaire est subdivisé en particules d'un égal diamètre ; si V est le volume total du calcaire et v le volume dissous par l'action de l'acide tartrique, nous aurons, en désignant par R le rayon des particules et par e l'épaisseur de calcaire dissous jusqu'à la limite d'attaque :

$$\frac{V - v}{V} = \left(\frac{R - e}{R}\right)^3.$$

Cette relation montre que la valeur du rapport $\frac{V - v}{V}$ croît avec la valeur de R. Pour $R = \infty$, $\frac{V - v}{V} = 1$. Pour $R = e$, $\frac{V - v}{V} = o$.

Si l'assemblage est constitué par plusieurs catégories comprenant des particules de rayon R R′ R″ associées en nombre $n\ n'\ n''$, la valeur du rapport $\frac{V - v}{V}$ sera :

$$\frac{V - v}{V} = \frac{n(R - e)^3 + n'(R' - e)^3 + n''(R'' - e)^3 + \ldots}{nR^3 + n'R'^3 + n''R''^3 + \ldots} = \frac{\Sigma n (R - e)^3}{\Sigma n \ R^3}$$

Il est facile de voir que, dans ce cas, la valeur du rapport $\frac{V - v}{V}$ sera d'autant plus faible que les rayons des diverses catégories de particules seront plus petits et que les nombres représentant la quantité des petites particules dans l'assemblage seront plus

élevés. Le rapport $\frac{V-v}{V}$ sera donc d'autant plus faible que le calcaire sera plus divisé.

On peut remarquer en outre que, si H représente l'ordonnée mesurant l'attaque totale à l'acide chlorhydrique et H′ l'ordonnée totale correspondant à la limite d'attaque, à l'acide tartrique, on aura $\frac{H-H'}{H}=\frac{V-v}{V}$. Nous avons donc pris, comme caractéristique de l'état de division du calcaire, le rapport $\frac{H-H'}{H}$. Ce rapport peut s'écrire $1-\frac{H'}{H}$, et l'on voit alors que si $\frac{H'}{H}$ augmente, $\frac{H-H'}{H}$ diminue. Le rapport $\frac{H}{H}$ avait été proposé par M. Coutagne, pour exprimer l'état d'assimilabilité du calcaire ; on voit qu'il indique plutôt un état de division d'autant plus grand qu'il est plus élevé et se rapproche davantage de l'unité. Il suffit toutefois pour que $\frac{H'}{H}=1$ que $R=e$, c'est-à-dire que le rayon de toutes les particules de calcaire soit inférieur à l'épaisseur de calcaire dissous, correspondant à la limite d'attaque : cette épaisseur est presque toujours inférieure à $\frac{3}{100}$ de millimètre. L'expérience montre que cet état de division est dépassé par certains calcaires.

Afin de montrer comment l'état de division et la prédominance des fines particules dans le mélange font varier la valeur de $\frac{V-v}{V}$, nous avons calculé $\frac{V-v}{V}=\frac{\Sigma n(R-e)^3}{\Sigma n R^3}=\frac{\Sigma n(D-2e)^3}{\Sigma n D^3}$ pour deux assemblages distincts. Le premier assemblage est le mélange de 10 lots égaux de 50 milligrammes contenant des particules de diamètres variant de $\frac{1}{10}$ en $\frac{1}{10}$ de millimètres depuis $0^{mm}1$ jusqu'à 1 millimètre. L'épaisseur de calcaire dissous, correspondant à la formation du tartrate adhérent est de $0^{mm}0125$; on en déduit $e=0^{mm}0264$ et $2e=0^{mm}0528$. L'expression $n(D-2e)^3$, calculée pour chaque groupe de particules, a donné :

$\Sigma \eta (D - 2e)^3 = 249,74$. D'autre part, $\eta D^3 = 36$ et $\Sigma \eta D^3 = 360$. On a donc :

$$\frac{V - v}{V} = \frac{249,74}{360} = 0,694.$$

Le deuxième assemblage a été réalisé par le mélange de 10 lots inégaux, pour lesquels les poids étaient en raison inverse des diamètres. Le lot des particules de $0^{mm}1$ étant 10, celui des particules de 1 millimètre était représenté par 1. Le poids total des lots correspondait à 500 milligrammes. Le diamètre des particules variait, de même que dans l'assemblage précédent, de $\frac{1}{10}$ en $\frac{1}{10}$ de millimètre depuis $0^{mm}1$ jusqu'à 1 millimètre. L'épaisseur du calcaire dissous correspondant à la formation de tartrate soluble est $0^{mm}0139$; l'épaisseur de calcaire dissous correspondant à la formation de tartrate adhérent est de 0,0092. On en déduit : $e = 0,0231$ et $2e = 0,0462$. L'expression $\eta (D - 2e)^3$ calculée pour chaque groupe de particules a donné $\Sigma \eta (D - 2e)^3 = 206,45$. D'autre part, on a trouvé $\Sigma \eta D^3 = 353,68$. On a donc :

$$\frac{V - v}{V} = \frac{206,45}{353,68} = 0,584.$$

Les surfaces initiales des particules sont $S = 3,310^{mmq}$ pour le premier assemblage et $S' = 4,490^{mmq}$ pour le second. On voit, en comparant ces valeurs à celles de $\frac{V - v}{V}$, que ce dernier quotient varie bien, comme nous l'avons indiqué, en sens inverse des surfaces.

Si l'on forme les valeurs $\frac{v}{V}$, on trouve dans le cas du premier assemblage $\frac{v}{V} = 0,306$ et dans le cas du second $\frac{v}{V} = 0,416$. Le facteur $\frac{v}{V} = \frac{H'}{H}$ varie donc bien dans le même sens que les surfaces S et S'. Dans les deux cas particuliers que nous avons choisis, la proportionnalité indiquée par l'équation $\frac{v}{V} = \frac{S}{S'}$ est même assez près d'être satisfaite.

Enfin nous avons indiqué, dans le tableau suivant, les valeurs de l'épaisseur de calcaire dissous et du quotient $\frac{(D-2e)^3}{D^3}=\frac{V-v}{V}$, dans l'attaque limitée de l'acide tartrique s'exerçant séparément

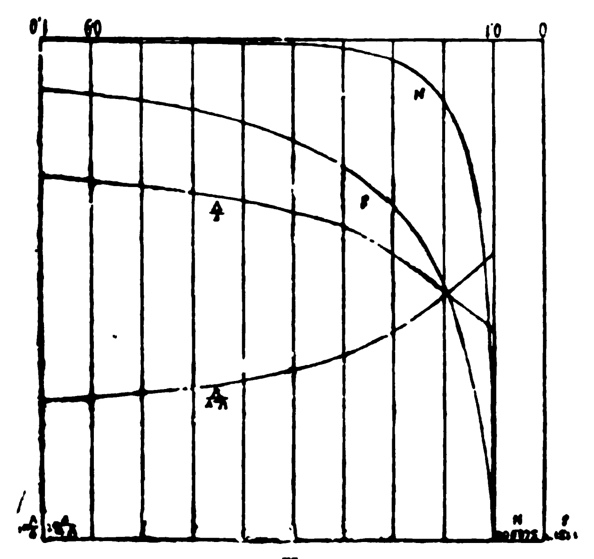


Fig. 14. — Relation des facteurs $\frac{v}{V}$, $\frac{V-v}{V}$ avec la surface S et le nombre N des particules calcaires.

sur des poids de calcaire de 500 milligrammes constitués par des particules toutes égales entre elles, mais variant pour les divers lots séparément attaqués de $0^{mm}1$ à 1 millimètre. (Voir fig. 14).

Attaque limitée à l'acide tartrique de 500^{mgr}

Diamètres	Surfaces des particules	Nombre des particules	e	$\frac{V-v}{V}$	$\frac{v}{V}$
0^{mm} 1	11.310^{mmq}	360.000	0,0177	0,422	0,578
0 2	5.650	45.000	0,0212	0,484	0,516
0 3	3.770	13.320	0,0249	0,579	0,421
0 4	2.830	5.620	0,0285	0,630	0,370
0 5	2.260	2.880	0,0322	0,658	0,342
0 6	1.880	1.660	0,0359	0,681	0,319
0 7	1.610	1.050	0,0396	0,695	0,305
0 8	1.410	700	0,0433	0,708	0,292
0 9	1.250	490	0,0471	0,718	0,282
1 0	1.130	360	0,0506	0,726	0,274

On voit ainsi que, lorsque le diamètre des particules diminue et que les surfaces et le nombre des particules vont en croissant, la valeur du facteur $\frac{V-v}{V}$ diminue et celle de $\frac{v}{V}$ augmente, sans qu'il y ait toutefois aucune proportionnalité directe entre ces facteurs et les surfaces ou le nombre des particules. Il résulte toutefois de la discussion des divers cas d'assemblage que nous avons considérés, que l'on peut utilement rechercher, dans la comparaison des valeurs de $\frac{V-v}{V}=\frac{H-H'}{H}$ ou de $\frac{v}{V}=\frac{H'}{H}$ obtenues pour les divers mélanges de particules calcaires, l'indication de la finesse comparée de leurs éléments et du développement de leur surface d'attaque.

Dans les expériences précédemment rapportées, où la solution d'acide tartrique attaquait les lames de calcaire de surface déterminée et d'une certaine étendue, on peut admettre que la surface de la lame qui supporte, après l'attaque, le précipité de tartrate, se confond sensiblement avec la surface initiale avant l'attaque. Il en est autrement dans le cas de l'attaque de particules d'un faible diamètre, telles que celles qui entrent dans la constitution des sols calcaires.

Le volume initial d'une particule calcaire de diamètre D sera $V=\frac{\pi D^3}{6}$ et sa surface extérieure $S=\pi D^2$. Après l'attaque à l'acide tartrique, le diamètre diminuera de 2 fois l'épaisseur e de l'attaque; le volume final de la particule sera $V'=\frac{\pi(D-2e)^3}{6}$, et la surface après l'attaque sera $S'=\pi(D-2e)^2$.

Les surfaces avant et après l'attaque seront entre elles dans le rapport $\frac{S}{S'}=\frac{D^2}{(D-2e)^2}$, S′ ne se confondra par suite avec S que si $2e$ est négligeable par rapport à D, et dans le cas où le diamètre initial est égal à $2e$ la surface finale S′ se réduit à zéro.

On voit facilement que, dans le cas où les particules calcaires d'un sol seraient toutes égales entre elles, il existerait une

relation entre la surface après l'attaque et la surface initiale et que l'on pourrait aisément calculer l'une par l'autre. On trouve ainsi que, si l'attaque réduit le volume des particules de moitié, la surface finale n'est que les 0,63 de la surface initiale.

Relation entre la surface finale et la surface initiale.

Diamètres	$\frac{1}{10}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{4}{10}$	$\frac{5}{10}$	$\frac{6}{10}$	$\frac{7}{10}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{9}{10}$	1mm
Nombre des particules	36.000	4.500	1.332	562	288	166	105	70	49	36
Surface initiale S =	1.131mm	565	377	283	226	188	161	141	125	113
Surface finale S =	209	289	247	208	177	154	136	121	109	101
Rapport $\frac{S'}{S}$ =	0.185	0.510	0.658	0.737	0.785	0.820	0.842	0.860	0.872	0.894
Rapport des vol. $\frac{V'}{V}$ =	0.079	0.364	0.534	0.633	0.695	0.743	0.777	0.797	0.814	0.845

Il n'en est plus de même si l'on considère des assemblages de particules de diamètre différent. L'épaisseur du calcaire corrodé à la surface de chacune d'elles est constante, mais la réduction de la surface est variable ; elle est d'autant plus grande que les particules de faible diamètre prédominent dans le mélange. Nous avons calculé la réduction de surface provoquée par l'attaque d'un sol calcaire comprenant 10 catégories de particules, de diamètre variant depuis $\frac{1}{10}$ de millim. jusqu'à 1 millim. Chaque catégorie de particules était, de plus, représentée par un poids de calcaire égal au $\frac{1}{10}$ du poids total. On a supposé en outre que l'attaque à l'acide tartrique s'arrêtait lorsque le poids total du calcaire était réduit de moitié. L'épaisseur de l'attaque atteindrait dans ces conditions $0^{mm},0285$, et l'on a $2e = 0^{mm},057$. Le tableau précédent donne le nombre de particules comprises dans chaque lot pour un poids total de 500 milligr., leur surface initiale et leur surface finale.

En additionnant les surfaces de chaque lot, on trouve pour la surface initiale totale $S = 3310$ et pour la surface finale $S' = 1751$. Le rapport $\frac{S'}{S} = 0,53$.

On voit, en outre, que le décroissement de la surface à la fin de l'attaque sera d'autant plus rapide que les particules fines prédomineront dans le mélange. La surface se réduit en effet à 0,185 de la surface initiale dans le lot des particules de 1/10 de millimètre ; elle ne descend pas au-dessous de 0,894 dans le lot des particules de 1 millim. de diamètre.

On observera en même temps que la réduction du volume initial sera d'autant plus grande que les particules seront plus fines. Le rapport des volumes est en effet égal à $\left(\frac{S'}{S}\right)^{\frac{3}{2}}$, il est par conséquent toujours inférieur au rapport des surfaces, puisque $\frac{S'}{S}$ est toujours plus petit que l'unité. Le volume se réduit en effet à 0,079 du volume initial dans le lot des particules de 1/10 de millimètre ; il ne s'abaisse pas au-dessous de 0,845 dans le lot des particules de 1 millim. de diamètre. On voit par suite que, plus le calcaire sera ténu, plus grande aussi sera la proportion de calcaire dissous pour atteindre la limite d'attaque par l'acide tartrique.

Le calcaire contenu dans un sol sera donc d'autant plus chlorosant que le rapport du calcaire attaqué à l'acide tartrique au calcaire total attaqué à l'acide chlorhydrique sera plus élevé. En combinant cette indication avec la *détermination de la vitesse d'attaque à l'acide tartrique* mesurée sur le premier tiers du calcaire total attaqué, on obtiendra une caractéristique assez exacte du sol au point de vue du développement possible de la chlorose.

Nous avons cherché à vérifier par l'expérience l'exactitude de ces conclusions. Pour cela, nous avons produit dans le flacon à réaction de l'inscripteur l'attaque à l'acide tartrique de quantités croissantes d'un même calcaire dans un même état de division. Des poids de 250, 500, 1,000, 1,500 milligram. de calcaire trituré et séparé au tamis n° 25 et n° 120 ont été successivement traités par 10 centim. cub. de la solution contenant $2^{gr},5$ d'acide tartrique. Le tableau suivant donne l'indication

des surfaces initiales d'attaque correspondantes et la valeur des quantités de calcaire dissous dans chaque expérience jusqu'à la limite de la réaction.

ATTAQUE LIMITÉE DU CALCAIRE (COQUILLES TRITURÉES N° 1)

Poids de carbonate soumis à l'attaque	Surface initiale	Déviation limite du style	Poids de carbonate attaqué
250^{mgr}	32^{cq}5	15^{mm}2	125^{mgr}
500	65	27,0	223
1000	130	39,5	326
1500	195	45,5	375

Le poids de carbonate attaqué croît, on le voit, avec la grandeur de la surface initiale, mais toutefois moins vite qu'elle. Dans les expériences qui précèdent, la surface initiale variant de 1 à 6, le calcaire dissous a varié de 1 à 3. Il est facile de comprendre pourquoi la quantité de calcaire dissous n'est pas proportionnelle à la surface initiale des particules calcaires. Nous avons vu, en effet, que le tartrate de chaux ne se précipitait sur les particules que lorsque la solution acide était saturée de tartrate. La quantité de calcaire attaqué est égale à la somme de deux termes, l'un indépendant de la surface initiale : c'est la quantité de carbonate de chaux nécessaire à la saturation du liquide en tartrate, l'autre qui serait proportionnel à la surface initiale, si celle-ci n'était déjà réduite par la formation du tartrate nécessaire à la saturation du liquide : c'est la quantité de carbonate de chaux nécessaire à la formation du tartrate précipité et adhérent qui limite l'attaque. Il suit de là également que, si le calcaire contenu dans un sol est inférieur à la quantité de calcaire nécessaire à la formation du tartrate saturant, il sera attaqué en totalité par l'acide tartrique, quelle que soit la grosseur de ses particules constituantes. *La comparaison de l'attaque limitée par l'acide tartrique avec l'attaque totale à l'acide chlorhydrique perd ainsi sa signification quand la teneur du sol en calcaire s'abaisse au-dessous d'une certaine limite.* Dans les condi-

tions expérimentales que nous avons adoptées pour l'examen des terres calcaires, ce n'est qu'au-dessus d'une teneur de 25 °/₀ que l'attaque limitée à l'acide tartrique donne une indication sur la valeur de la surface extérieure des particules calcaires. Nous avons calculé les valeurs de $\frac{v}{V}$ pour diverses teneurs du sol en calcaire et pour divers diamètres des particules.

VALEURS DU RAPPORT $\frac{v}{V}$

Diamètres	22 °/₀	30 °/₀	50 °/₀	100 °/₀
0mm1	1.00	0.957	0.844	0.750
0. 2	1.00	0.886	0.691	0.569
0. 5	1.00	0.813	0.564	0.373
1. 0	1.00	0.784	0.512	0.309

La dissolution *totale* du calcaire par l'acide tartrique est réalisée pour les sols renfermant moins de 22 °/₀ de calcaire, quel que soit le diamètre des particules. Elle l'est encore lorsque le diamètre des particules est assez réduit pour que la quantité de tartrate mis en dissolution ou déposé à la surface des particules absorbe la totalité du calcaire avant que l'épaisseur du tartrate insoluble limitant l'attaque soit atteinte. Le calcul indique que, pour une teneur de 30 °/₀, ce diamètre limite est de 0 m/m,05, pour une teneur de 50 °/₀ il s'abaisse à 0 m/m,035 et enfin, pour un calcaire pur, il n'est plus que de 0 m/m,030.

D'autre part, ainsi que le montrent les chiffres du tableau précédent, les variations du rapport $\frac{v}{V}$ pour une même différence dans les diamètres des particules calcaires sont d'autant plus étendues que le taux du calcaire est plus élevé. Ce n'est donc en général que pour des teneurs voisines en calcaire que l'on pourra comparer les valeurs du rapport $\frac{v}{V}$ pour en déduire l'indication des surfaces relatives présentées par les particules calcaires. Les indications présenteront le plus d'intérêt pour les

sols riches en calcaire. *Au-dessous de la teneur de* 22 °/₀, *la considération de la vitesse d'attaque* pendant le premier tiers de la réaction *pourra seule être utilisée* pour caractériser l'état physique du calcaire.

Nous avons également vérifié par l'expérience que la limite d'attaque à l'acide tartrique croît avec l'état de division pour les divers calcaires. A cet effet, nous avons attaqué par l'acide tartrique deux séries d'échantillons de calcaire séparés par des tamisages différents. L'échantillon n° 1 était compris entre le diamètre des mailles du tamis n° 25 et du tamis n° 120. L'échantillon n° 2 était inférieur aux mailles du tamis n° 120. La mesure de la perméabilité de chacun des échantillons a permis de déterminer la valeur approchée de la surface initiale offerte par les 500 milligram. traités dans chaque opération. Le tableau suivant met, en regard des valeurs inégales des surfaces initiales, les quantités de calcaire dissous correspondant aux limites d'attaque :

LIMITE D'ATTAQUE DE 500^{mgr} DE CALCAIRE

		Surface initiale	Calcaire total attaqué	Vitesse d'attaque
Spath	N° 1	65^{cq}	194^{mgr}	0^{mgr}14
	N° 2	412	306	4.32
Aragonite	N° 1	75	207	0.16
	N° 2	818	267	1.87
C. Cipolin	N° 1	76	215	1.09
	N° 2	552	356	5.42
C. Coquillier	N° 1	103	190	1.78
	N° 2	1183	356	12.50

Nous avons rapporté dans le tableau ci-dessus, sous le titre : Vitesse d'attaque, les poids de calcaire attaqué par seconde pendant l'attaque des premiers 100 milligram. de la roche. On voit que les limites d'attaque par l'acide tartrique fournissent bien une indication en relation avec la grandeur de la surface initiale et, dans une certaine mesure, indépendante de la vitesse d'attaque

spécifique. Celle-ci, on se le rappelle, intervient concurremment avec la surface pour fixer la valeur du calcaire attaqué par seconde. Les échantillons n° 1 de l'aragonite et du calcaire cipolin qui présentent des surfaces initiales égales, 75 et 76 centim. carrés, ont une limite d'attaque fort voisine, 207 et 215 milligram., bien que les poids de calcaire attaqué par seconde soient fort différents, 0 ^{mgr},16 et 1 ^{mgr},09.

On voit toutefois qu'il n'existe pas de relation directe absolue entre les limites d'attaque à l'acide tartrique et les surfaces initiales des particules calcaires. Les discordances observées s'expliquent par la réduction variable éprouvée par la surface initiale suivant la proportion des particules de divers diamètres dans le mélange. Le sens général indiqué par l'élévation de la limite d'attaque est toutefois l'accroissement de la surface initiale.

On voit qu'il est en quelque sorte possible de distinguer par l'attaque à l'acide tartrique les deux éléments qui président à la nocivité du calcaire dans le sol, savoir : d'une part, *la surface des particules calcaires* en relation avec la limite d'attaque à l'acide tartrique, et, d'autre part, *la vitesse d'attaque spécifique de la roche* que l'on peut déduire du temps nécessaire pour attaquer le premier tiers du calcaire total. Nous verrons plus loin, dans l'application de notre méthode à l'examen des terres calcaires, quelle peut être la représentation numérique de ces deux éléments essentiels de l'état physique du calcaire.

IV. — Étude de l'état physique du calcaire contenu dans divers sols.

La méthode que nous avons appliquée à l'examen de l'état physique du calcaire contenu dans les divers sols est déduite essentiellement des résultats expérimentaux rapportés dans les chapitres précédents. Les trois éléments principaux dont nous proposons la mesure pour servir de caractéristique au pouvoir chlorosant des sols calcaires sont les suivants :

1° Détermination de la perméabilité du sol et de son état de division,

2° Mesure de la vitesse d'attaque pendant le premier tiers de la réaction;

3° Détermination du rapport $\frac{p}{P}$ du poids de calcaire attaqué à l'acide tartrique au poids de calcaire attaqué par l'acide chlorhydrique dilué au 1/4 à froid et au bout d'un quart d'heure.

Détermination de la perméabilité des sols. — Cette détermination a été faite comme celle des échantillons de divers calcaires, dont on a déterminé précédemment (voir p 267) la surface totale extérieure des particules pour l'évaluation de la vitesse d'attaque spécifique. Une précaution essentielle est toutefois à observer, c'est d'amener le sol préalablement desséché dans un état de division semblable à celui qui est réalisé lorsqu'il est imbibé d'eau à saturation. A cet effet, 3 gram. du sol sont délayés avec le doigt dans 15^{cc} d'eau versés dans une capsule de porcelaine. On porte à l'étuve à 100° pour évaporer à siccité; on ajoute alors 5^{cc} d'éther sulfurique, et l'on délaye de nouveau. On laisse évaporer à l'air libre, puis on termine la dessiccation à l'étuve à 100°. On obtient, grâce à ce traitement, une masse parfaitement dissociée et pulvérulente, que l'on passe au tamis de 1 millim. La mesure de la perméabilité est faite sur 2 gram. de l'échantillon à l'aide de l'appareil spécial précédemment décrit. On déduit de la valeur de la perméabilité, de la densité brute et de la densité réelle du sol, l'indication de la surface des particules pour 2 gram.

Mesure de la vitesse d'attaque. — Il n'est pas possible de déterminer la *vitesse d'attaque spécifique* du calcaire contenu dans le sol ou vitesse d'attaque par unité de surface, parce que ce dernier élément n'est mesurable que dans le cas où le sol serait constitué par du calcaire pur. Nous désignons par *vitesse d'attaque du calcaire dans le sol* le nombre de milligrammes de

calcaire attaqué par seconde par l'acide tartrique pendant le premier tiers de l'attaque totale. Nous appellerons *vitesse d'attaque du sol calcaire* le produit de la vitesse d'attaque du calcaire par le taux du calcaire contenu dans le sol. Cette dernière vitesse d'attaque mesure plus spécialement le pouvoir chlorosant du sol lié à la fois à la vitesse d'attaque du calcaire et à sa proportion dans le sol. La *vitesse d'attaque du calcaire* représente en quelque sorte la *vitesse d'attaque spécifique* précédemment déterminée pour diverses variétés de calcaire, avec cette différence essentielle toutefois qu'elle est relative à 1 gram. du sol, quelle que soit sa teneur en calcaire, tandis que la *vitesse d'attaque spécifique* était rapportée à l'unité de surface. Un sol à 10 °/₀ de calcaire pourra avoir une vitesse d'attaque du calcaire de 20 milligr. par seconde aussi élevée que celle d'un sol à 50 °/₀ de calcaire. Cela prouve que, pendant le premier tiers de la réaction, l'unité de poids de calcaire est aussi rapidement attaquée dans le premier sol que dans le second. Mais, comme dans l'unité de poids du sol, la dose de calcaire est cinq fois plus grande dans l'un que dans l'autre, le pouvoir chlorosant du dernier sol sera évidemment plus élevé et lié par suite à la vitesse d'attaque du sol calcaire. Cette vitesse sera $20 \times 0,10 = 2,0$ pour le premier sol et $20 \times 0,50 = 10$ pour le second.

L'attaque du sol calcaire doit être faite sur le sol desséché et divisé préalablement à l'éther sulfurique comme pour la mesure des perméabilités. L'expérience montre qu'un sol délayé simplement à l'eau présente toujours une vitesse d'attaque inférieure à celle mesurée sur le sol préalablement délayé à l'éther, desséché, puis repris par l'eau. La marche de l'attaque est également beaucoup plus régulière dans le second cas que dans le premier.

Détermination du rapport $\frac{p}{P} = \frac{v}{V}$. — Le rapport du poids de calcaire attaqué à l'acide tartrique au poids de calcaire attaqué à l'acide chlorhydrique à froid et au bout d'un quart d'heure a été obtenu en mesurant, sur les graphiques d'attaque, l'ordonnée

maxima H′ correspondant à la limite d'attaque par l'acide tartrique sur un gramme du sol, et l'ordonnée H de la courbe d'attaque à l'acide chlorhydrique correspondant au temps $t =$ 900 secondes $=$ 1/4 d'heure pour 1 gram. du sol. Le quotient des ordonnées $\frac{H'}{H}$ donne la valeur de $\frac{v}{V} = \frac{p}{P}$. Ce rapport, qui est lié à la grandeur de la surface initiale des particules calcaires et qui croît avec elle, ne possède une signification qu'au-dessus de 25 °/₀ de calcaire dans les conditions de l'expérience. Il ne peut, de plus, servir qu'à comparer entre eux des sols présentant une teneur voisine en calcaire.

Nous avons limité à 1/4 d'heure la durée de l'attaque à froid de l'acide chlorhydrique, afin d'éliminer en grande partie l'acide carbonique provenant des calcaires magnésiens très lentement attaquables et qui n'exercent pas d'action sur le développement de la chlorose. Pour les sols à calcaire non magnésien, l'attaque est le plus souvent égale, au bout de 1/4 d'heure, à la valeur qu'elle présente après un intervalle de plusieurs heures. Le calcaire total dosé au bout de 1/4 d'heure correspond par suite assez exactement au calcaire actif dans le développement de la chlorose.

Les terres que nous avons examinées proviennent de plusieurs régions distinctes. Les terres des Charentes et d'Amérique ont été prélevées parmi les nombreux échantillons rassemblés au laboratoire de viticulture et de recherches viticoles de l'Ecole d'agriculture par MM. Viala et Ravaz ; ils ont été mis gracieusement à notre disposition par MM. Foëx et Viala. Nous leur avons conservé le numéro d'ordre qu'elles ont dans le livre de M. Viala : *Une Mission viticole en Amérique*, afin que le lecteur puisse, au besoin, consulter leurs analyses physique et chimique publiées dans le même ouvrage par M. Chauzit. La série des terres du département de l'Hérault a été prélevée par nous-même sur plusieurs vignobles appartenant à diverses formations géologiques du département. Plus d'une centaine de sols et de sous-sols ont été examinés. Nous rapportons dans les tableaux suivants

les éléments caractéristiques de ceux qui nous ont paru présenter le plus d'intérêt soit par l'état physique de leur calcaire, soit par les conditions de développement de la chlorose.

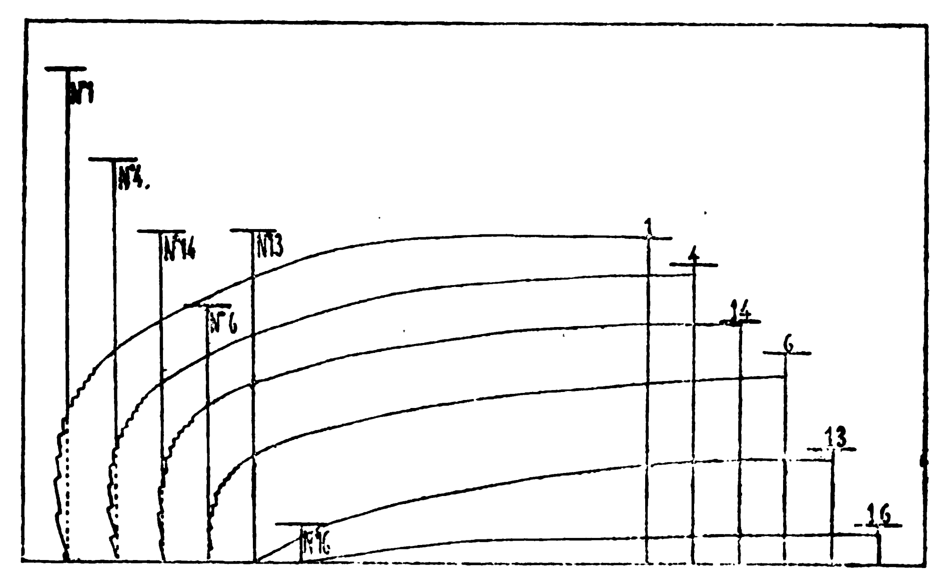


Fig. 15. — Graphiques des vitesses d'attaque[1]. Terres d'Amérique.

SÉRIE DES TERRES CALCAIRES D'AMÉRIQUE

	H Acide chlor.	H' Acide tartr.	$\frac{v}{V}$	CALCAIRE p. 0/0	VITESSE D'ATTAQUE du calcaire 1er tiers	2e tiers	VITESSE d'attaque de la Terre	SURFACE p. 2 gr.
	mm	mm						
N° 1, sol de Belton ...	107	71	0.655	88.3	41mgr3	»	36.4	910cq
N° 4, sol d'Austin	88	66	0.750	72.5	36.0	5.1	26.1	4008
N° 14, sol et sous-sol de Lampasas..........	72	54	0.750	59.3	37.4	4.3	22.2	5234
N° 6, sol de Temple ..	56	46	0.820	46.2	21.7	2.37	10.2	2586
N° 13, sol de Cleburne.	72	25.5	0.354	59.3	1.22	»	0.72	1098
N° 16, sol de Denisson.	7.7	7.7	1.00	6.35	1.16		0.073	3690

Les notes qui accompagnent dans *une Mission viticole en Amérique* la description des sols énumérés ci-dessus correspondent

[1] Les perpendiculaires élevées à l'origine de chaque courbe représentent la teneur en calcaire ; les perpendiculaires élevées à l'extrémité de chaque courbe représentent la teneur en calcaire attaquable à l'acide tartrique.

assez bien à la classification du degré de pouvoir chlorosant révélé par l'examen de l'état physique de leur calcaire. Les sols sont classés dans le tableau précédent par ordre de pouvoir chlorosant décroissant indiqué par la valeur de la vitesse d'attaque du sol calcaire. D'après MM. Viala et Chauzit, les sols n° 1, n° 4 et n° 6 sont des sols chlorosants par excellence ; ils se classent dans le groupe des sols à Berlandieri ; aucun autre cépage américain ne s'y développe. Le sol n° 14, où se développe le *V. Monticola*, est moins chlorosant que le n° 6 ; il paraît donc classé trop haut dans la série d'après l'analyse de l'état physique du calcaire ; mais il faut remarquer que l'analyse a porté sur un mélange du sol et du sous-sol : or l'examen comparé des sols et des sous-sols de cette région montre que le sous-sol est toujours beaucoup plus chlorosant que le sol. Le sol n° 13 est un sol à *V. Champin*. On a reconnu que ce cépage est peu résistant à la chlorose, mais sa présence dans un sol aussi calcaire que celui de Cleburne avait fait supposer qu'il pouvait s'adapter assez bien aux sols calcaires. L'analyse de l'état physique du calcaire de Cleburne supprime nettement cette contradiction apparente. Le calcaire, bien que très abondant, 59,3 °/₀, y présente une faible surface révélée par la moindre valeur de $\frac{v}{V} = 0,354$, et la vitesse d'attaque se réduit à 0,72, tandis qu'à égalité de calcaire elle atteint 22,2 dans le sol de Lampasas. Enfin le sol de Denison est un sol à Mustang, cépage plus chlorosable que le *V. Champin* et le *V. Monticola*.

Dans les n°ˢ 17, 26, 19, 32, aucun cépage américain ne réussit dans la Charente-Inférieure ; il en est de même du n° 106 de la Charente. Le n° 7 (M) nous a été adressé de Jarnac sans indication culturale ; il est destiné à la reconstitution, et nous n'avons pu que signaler à son propriétaire son identité à peu près complète avec le n° 106 d'Angeac. Le n° 9 (M) est un sol des environs de Cognac, où les vignes américaines dépérissent. Sur le n° 33, malgré la présence d'un sous-sol exclusivement calcaire, les vignes américaines se développent d'une manière satisfai-

sante, tout au moins pendant les premières années. Enfin le n° 8 (M) est un échantillon prélevé dans un champ voisin du n° 9 (M) et dans lequel les vignes américaines prospèrent, tandis qu'elles périclitent dans le n° 9 (M).

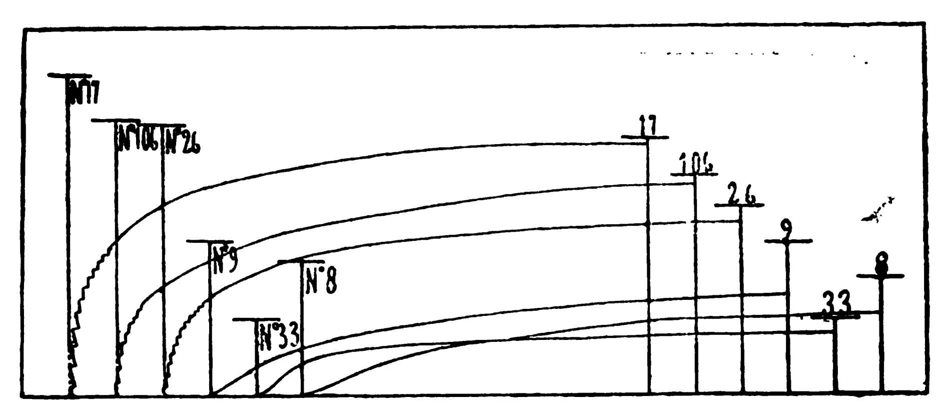


Fig. 16. — Graphiques des vitesses d'attaque. Terres des Charentes.

SÉRIE DES TERRES CALCAIRES DES CHARENTES.

	H Acide chlor.	H′ Acide tartr.	$\frac{v}{V}$	CALCAIRE p. 0/0	VITESSE D'ATTAQUE du calcaire 1er tiers	2e tiers	VITESSE d'attaq. de la Terre	SURFACE pour 2 gram.
N° 17, sol de Chevillon....	69 6	56	0.805	57.4	45.5	16.1	26.2	5.681
N° 7 (M), sol de Jarnac. ..	57	46	0.800	47.4	23.2	5.5	11.07	2.011
N° 106, sol d'Angeac	60	47.5	0.790	49.5	18.6	3.47	9.2	2.361
N° 20, sol de St Jean d'Angély	59	41	0.695	48.7	18.6	0.94	9 1	3.013
N° 19, terre des Ecuroles..	50.2	42.1	0.840	41.5	21.5	4.05	8.9	4.788
N° 32, terre de Conteneuil..	47	42	0.890	38 7	20.2	3.89	7.85	2.852
N° 9, (M), sol environs de Cognac................	34.0	32.8	0.935	28.0	3.94	0.83	1.10	2.392
N° 33, terre de Conteneuil.	16.4	16 2	0.980	13.5	8.25	2.37	1.12	1.179
N° 8 (M), sol environs de Cognac................	29.4	25.8	0.890	24.3	2.82	0.558	0.68	2.817

Dans l'Hérault, le sol A_1, dont le sous-sol à $0^m,50$ est constitué par un affleurement des marnes blanches pliocènes à rognons de calcaire friable, supporte des Aramons greffés sur Riparias très fortement chlorosés. Le sol H_1 présente une vitesse d'attaque qui semblerait lui attribuer un pouvoir chlorosant plus élevé que celui qu'il possède en réalité. Ce sol dérive des marnes bleues miocènes

où le calcaire est associé à une proportion élevée d'argile. Divers auteurs, notamment M. Cazeaux-Cazalet, ont signalé l'atténua-

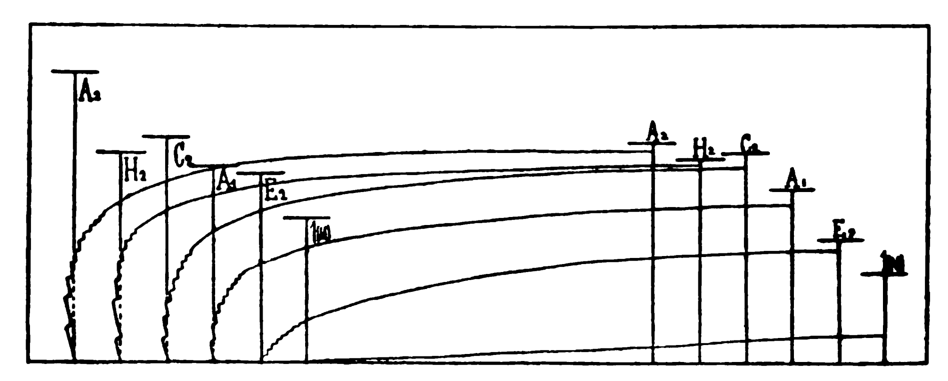


Fig. 17. — Graphiques des vitesses d'attaque. Terres de l'Hérault.

SÉRIE DES TERRES CALCAIRES DE L'HÉRAULT.

	H Acide chlor.	H' Acide tartr	$\frac{v}{V}$	CALCAIRE p. 0/0	VITESSE D'ATTAQUE du calcaire 1er tiers	VITESSE D'ATTAQUE du calcaire 2e tiers	VITESSE d'attaq. de la Terre	SURFACE pour 2 gram.
A_2 sol vigne Mandon à 0m50	63	48	0.760	52	51.5	6.95	26.79	6.053cq
A_1 — 0m20	43	37	0.860	35.5	22.8	3.73	8.08	4.584
H_2 sol de marne bleue à 0m50	46	44	0.955	37.9	60.0	18.8	22.8	18.829
H_1 — 0m20	46	40.5	0.88	37.9	45.1	8.41	17.2	12.135
C_2 terre de Fontcouverte à 0m50	49	45.5	0.930	40.5	32.13	9.46	13.01	4.724
C_1 terre de Fontcouverte à 0m20	51	41.5	0.815	42.1	23.63	3.69	9.95	3.719
K_2 sol collection de vignes Ecole à 0m50	30	29	0.970	24.8	33.41	8.02	8.28	3.185
K_1 sol collection de vignes Ecole à 0m20	20.5	20.5	1.00	16.10	14.83	3.30	2.38	2.937
E_2 sol collection de vignes Ecole à 0m50	41	27	0.655	38.8	5.28	0.26	1.78	2.425
E_1 sol collection de vignes Ecole à 0m50	43	28.5	0.663	35.5	5.98	0.26	2.12	2.607
B_2 vigne Mandon, partie haute à 0m50	27	25	0.925	22.3	15.01	3.68	3.35	3.462
B_1 vigne Mandon, partie haute à 0m20	22.5	19	0.845	18.5	7.82	1.43	1.45	2.439
No 3 (M) sable de Montpellier	32.4	22.6		26.7	0.86	0.23	0.23	358
No 1 (M) sable de Palavas	31	19.5	0.630	25.7	0.42	»	0.11	316

tion de la chlorose par l'élévation du taux de l'argile associée au calcaire. Le sol H_1 est planté en Jacquez non chlorosés, mais

qui ne présentent pas néanmoins une grande vigueur. La terre C_1 de Fontcouverte dérive du calcaire lacustre éocène ; la vitesse d'attaque y varie peu avec la profondeur, mais y est élevée ; ce sol est planté en Aramons greffés sur Riparias fortement chlorosés au point où l'échantillon a été prélevé. La terre K_1 a été prélevée en un point spécialement chlorosé de la nouvelle collection de vignes de l'Ecole d'agriculture. La vitesse d'attaque, faible à $0^m,20$, s'élève à 8,28, à $0^m,50$. Le sol E_1 a été pris dans un carré de l'ancienne collection de vignes américaines planté actuellement en Berlandieri résistants à la chlorose. Les Riparias jaunissaient sur le même emplacement. La terre B_1 appartient à la même parcelle de vigne que le sol A_1, mais le point où l'échantillon a été pris est indemne de chlorose. Le n° 3 (M) est un sable de Montpellier, d'origine pliocène (carrière du Rochet), et le n° 1 (M), un sable des dunes de Palavas. L'un et l'autre ne déterminent pas la chlorose.

Relation de $\frac{v}{V}$ avec la vitesse d'attaque du calcaire. — Si la vitesse d'attaque spécifique des diverses variétés de calcaire contenu dans le sol était égale, la vitesse d'attaque du calcaire serait proportionnelle à la surface des particules de cette substance; elle serait, par suite, en relation directe avec la valeur de $\frac{v}{V}$ pour un même taux de calcaire. Les résultats donnés par l'examen de l'état physique des sols que nous avons étudiés semblent indiquer que, si les *vitesses d'attaque spécifiques des divers calcaires* contenus dans les sols ne sont pas égales, elles oscillent du moins entre des limites beaucoup plus étroites que celles des surfaces présentées par l'unité de poids des sols observés. Les indications déduites de la comparaison des valeurs de $\frac{v}{V}$ se confondent le plus souvent avec celles données par la mesure de la vitesse d'attaque du calcaire. Nous citerons comme exemple dans la série des terres d'Amérique les sols n° 14 et n° 13 qui, pour un taux égal de calcaire 59,3 °/₀, présentent des

vitesses d'attaque respectives de 37,4 et 1,22, en même temps que la valeur de $\frac{v}{V}$ passe de 0,750 sol n° 14 à 0,354 sol n° 13. De même, dans la série des terres de l'Hérault, le sol H_2 et le sol E_2 qui présentent l'un et l'autre des teneurs voisines en calcaire 37,9 et 38,8 sont caractérisés par des vitesses d'attaque du calcaire très inégales auxquelles correspond une variation marquée du rapport $\frac{v}{V}$ qui s'abaisse de 0,955 à 0,655. Enfin les sables à éléments calcaires grossiers de Palavas et le sol K_2, bien que sur la limite du taux de calcaire où le rapport $\frac{v}{V}$ cesse de donner une indication de la grandeur des surfaces, présentent pour des vitesses d'attaque respectives 0,42 et 33,41 des valeurs de $\frac{v}{V}$ assez différentes, 0,630 et 0,970.

Relations de la vitesse d'attaque du calcaire avec l'état de division du sol. — Dans les sols où le calcaire prédomine, l'état de division moyen du sol ne peut être qu'assez voisin de celui du calcaire. La mesure de la perméabilité pour les sols de cette nature peut donc donner une première indication de l'état physique du calcaire. Lorsque le calcaire ne se trouve dans un sol qu'en moindre proportion, on comprend également que les conditions générales d'érosion et de sédimentation qui ont déterminé un état de division plus ou moins avancé des éléments non calcaires, aient exercé une action parallèle sur le degré de ténuité des particules calcaires. D'une manière générale, dans un sol très divisé, les particules calcaires présentent un degré de finesse assez élevé. Nous comparerons dans le tableau suivant les vitesses d'attaque du calcaire avec les surfaces des particules calculées pour 2 gram. d'après les mesures de perméabilité. Nous n'avons introduit dans cette comparaison que les sols possédant une teneur en calcaire supérieure à 25 °/₀.

COMPARAISON DES VITESSES D'ATTAQUE DU CALCAIRE ET DES SURFACES DES PARTICULES DU SOL.

Désignation des sols	Teneur en calcaire	Vitesse d'attaque du calcaire	Surface pour 2 gr. du sol
N° 14 Amérique...	59.3 %	37mgr4	5.234cq
N° 4 — ...	72.5	36.0	4.008
N° 6 — ...	46.2	21.7	2.586
N° 13 — ...	59.3	1.22	1.098
N° 17 Charentes...	57.4	45.5	5.681
N° 19 — ...	41.5	21.5	4.788
N° 26 — ...	48.7	18.6	3.013
N° 32...........	38.7	20.2	2.852
N° 106...........	49.5	18.6	2.361
N° 7 (M)..........	47.4	23.3	2.011
H_2 Hérault	37.9	60.0	18.829
H_1 —	37.9	45.1	12.135
A_2 —	52.0	51.5	6.053
C_2 —	40.5	32.13	4.729
A_1 —	35.5	22.18	4.584
C_1 —	42.1	23.63	3.719
K_2 —	24.8	33.41	3.185
E_1 —	35.5	5.98	2.607
E_2 —	38.8	5.28	2.425

On voit que, si, d'une manière générale, la surface décroît dans chaque série en même temps que la vitesse d'attaque, on ne saurait toutefois prendre l'un de ces éléments comme expression de l'autre. La détermination de l'état de division du sol reste néanmoins un élément utile à déterminer, car elle règle la circulation de l'eau dans le sol qui exerce à son tour une influence manifeste sur le développement de la chlorose.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Parmi les divers éléments caractéristiques de l'état physique du calcaire, la *vitesse d'attaque du sol calcaire* paraît être celui qui est le plus directement lié au développement de la chlorose. Cette vitesse d'attaque est en effet liée à la fois au taux du calcaire et à la valeur de sa vitesse d'attaque. Une vitesse d'attaque de la terre calcaire supérieure à 20 indique une chlorose meurtrière; de 10 à 20 la chlorose est intense; elle peut se développer avec une gravité fort variable dans cetarins sols caractérisés par des vitesses s'abaissant jusqu'à 2. Au dessous de la vitesse 1 la chlorose n'est généralement pas à redouter.

Nous devons avouer cependant que nous avons rencontré, parmi les nombreux sols examinés, plusieurs exceptions à ces règles générales. C'est que l'intensité du développement de la chlorose n'est pas uniquement liée à la présence du calcaire et à son état physique. Plusieurs éléments distincts concourent à atténuer ou à aggraver l'action chlorosante du calcaire; nous signalerons en particulier l'*influence de l'humus*, le *taux d'humidité du sol*, l'existence d'une *proportion élevée d'argile* associée au calcaire. La plupart des sols chlorosants des Charentes contiennent une proportion élevée d'humus qui a varié, d'après les analyses de M. Chauzit pour les n°s 17, 19, 26, 106 des Charentes précédemment examinés, de 0,412 à 0,803 0/0. Plusieurs sols chlorosants à faible dose de calcaire ont été trouvés particulièrement riches en humus. On comprend, en effet, que l'abondance des matières organiques dans le sol puisse favoriser, avec la production de l'acide carbonique, la dissolution du calcaire. La présence de l'humidité en proportion variable dans le sol nous a paru le plus souvent déterminer les irrégularités constatées dans le développement de la chlorose observée sur divers points souvent très rapprochés d'un même vignoble. L'analyse de l'humidité du sol, après la longue période

de sécheresse de l'année 1893, le 8 juillet, nous a donné pour un point chlorosé du vignoble de Fontcouverte à $0^m,50$ de profondeur 14,89 0/0 d'humidité, tandis qu'un point non chlorosé n'en contenait que 10,21 0/0. L'état physique du calcaire était à peu près identique dans les deux parcelles.

Un certain nombre de dosages d'humidité, faits à la même époque dans divers sols chlorosés et non chlorosés de constitution calcaire assez semblable, nous ont constamment donné un excès sensible d'humidité en faveur des sols chlorosés. Cet excédent d'humidité peut d'ailleurs assez souvent être lié à l'état physique du calcaire qui, plus finement divisé et plus chlorosant, est en même temps plus favorable à la conservation de l'humidité dans les assises inférieures du sol. Il est également possible qu'un excès d'argile associée au calcaire puisse, en diminuant considérablement l'activité de la circulation des eaux dans le sol, empêcher le renouvellement des atmosphères d'acide carbonique et réduire la vitesse de dissolution du calcaire.

Malgré les quelques incertitudes présentées par certains sols, la méthode que nous venons de proposer pour l'examen des terres calcaires nous paraît devoir conduire à des résultats utiles pour la pratique de la reconstitution des vignobles en sols calcaires. L'appareil enregistreur qui a servi à nos mesures était nécessaire pour un travail de recherches, mais n'est pas absolument indispensable pour la détermination de l'état physique du calcaire. On pourra lui substituer soit l'appareil de M. de Montdésir, soit le calcimètre de M. Bernard, pourvu qu'on se conforme aux conditions de réaction que nous avons observées dans nos recherches. Les sols déclarés *suspects* par la mesure de la vitesse d'attaque ou le rapport du calcaire attaqué à l'acide chlorhydrique et à l'acide tartrique devront, avant leur reconstitution, être l'objet d'essais préalables de plantation sur une petite échelle afin d'obtenir une indication plus précise du cépage convenable pour leur reconstitution. Pour des sols d'une même région caractérisés par des conditions hydrologiques équivalen-

tes, la mesure de l'état physique du calcaire et l'évaluation de la teneur du sol en cet élément pourront, dans un certain nombre de cas, faire prévoir la nature des cépages américains compatibles avec les sols en question, et cela avec d'autant plus de sûreté que des comparaisons pourront être faites dans une même région avec des vignobles déjà reconstitués. En un mot, si nous ne pouvons attendre de la mesure de l'état physique du calcaire le *classement absolu* des sols au point de vue de leur reconstitution, nous pouvons du moins en espérer une indication assez précise de leur *identité* avec divers sols déjà reconstitués.

Dans la question de la chlorose engendrée par le calcaire, plusieurs éléments ont été successivement dégagés. On a commencé par le taux du calcaire; on a continué par la détermination de son état physique. La question ne sera complètement résolue que lorsqu'on aura obtenu une mesure précise de chacun des éléments distincts qui interviennent dans le phénomène. Nous nous sommes proposé de préciser la détermination de l'un des éléments qui nous a paru avoir une action prépondérante dans le développement de la chlorose, et nous serions heureux si nos recherches pouvaient éviter aux viticulteurs quelques tâtonnements dans l'œuvre difficile et souvent onéreuse de la reconstitution des vignobles en sols calcaires. Les relations observées entre l'état physique du calcaire et le développement de la chlorose semblent légitimer cet espoir ; mais, faute de pouvoir réaliser complètement toutes les conditions de l'expérience, l'expérimentation du laboratoire doit se borner le plus souvent à indiquer la probabilité de la réalisation des faits observés lorsqu'ils sont transportés dans le domaine de la pratique viticole ; à cette dernière seule, il appartient de juger en dernier ressort.

(*Extrait de la Revue de Viticulture.*)

MESURE DIURNE DE LA ROSÉE EN 1894

Par F. HOUDAILLE

L'observation diurne de la rosée a été obtenue à l'aide d'un appareil spécial décrit dans les *Annales de* 1893[1]. La rosée, déposée pendant la nuit à la face supérieure d'une lame de verre de 25 centim. carrés, est prélevée automatiquement au lever du soleil, puis pesée avec soin au laboratoire. Les observations, faites avec beaucoup de soin et une parfaite continuité par M. A. Roussel, sont résumées dans le tableau suivant :

Dates	Poids de rosée sur 25 cq.	Poids de rosée par mètre carré	Dates	Poids de rosée sur 25 cq.	Poids de rosée par mètre carré
MOIS DE DÉCEMBRE 1893			MOIS DE JANVIER 1894		
2.......	0gr,180	72gr	1.......	0gr,350 G.B.	140gr
6.......	0 350 G.B[2].	140	9.......	0 190 G.B.	76
7.......	0 500 G.B.	200	16.......	0 210 G.B.	84
8.......	0 500 G.B.	200	20.......	0 150 G.B.	60
9.......	0 450 G.B.	180	22.......	0 095 G.B.	38
10.......	0 250 G.B.	100	27.......	0 087 G.B.	35
15.......	0 150	60	28.......	0 250 G.B.	100
17.......	0 250 G.B.	100	31.......	0 065 G.B.	26
18.......	0 120 G.B.	48	Total.....	0gr,397	559gr
24.......	0 190 G.B.	76			
25.......	0 410 G.B.	164	MOIS DE FÉVRIER		
26	0 105 G.B.	42	3.......	0gr,080 G.B.	32gr
27.......	0 095 G.B.	38	6.......	0 150 G.B.	60
31.......	0 115 G.B.	46	7.......	0 120 G.B.	48
Total.....	3gr,665	1466gr	*A reporter*.	0gr,251	140gr

[1] F. Houdaille; *Description d'un appareil pour la mesure de la rosée*, in *Annales de l'Ecole Nationale d'Agriculture de Montpellier*, tom VII, pag. 163.

[2] G.B., gelées blanches.

Dates	Poids de rosée sur 25 cq.	Poids de rosée par mètre carré
MOIS DE FÉVRIER (*suite*)		
Report...	0gr,251	140gr
8.......	0 250 G.B.	100
9	0 240 G.B.	96
10.......	0 190 G.B.	76
15.......	0 150 G.B.	60
16.......	0 110 G.B.	44
17.......	0 450 G.B.	180
22.......	0 205 G.B.	82
23.	0 250 G.B.	100
24.......	0 400 G.B.	160
28.......	0 190 G.B.	76
Total.....	2gr,780	1114gr
MOIS DE MARS		
1.......	0gr,150 G.B.	60gr
2.......	0 090 G.B.	36
3.......	0 110 G.B.	44
4.......	0 410	164
10.......	0 385 G.B.	154
12.......	0 120 G.B.	48
13.......	0 090 G.B	36
19.......	0 090 G.B.	36
22.......	0 075 G B.	30
23.......	0 095 G.B.	38
24.......	0 090 G.B.	36
25.......	0 150 G.B.	60
28.......	0 280 G.B.	112
Total.....	2gr,135	854gr
MOIS D'AVRIL		
3..........	0gr,320	128gr
6..........	0 220	88
7....	0 250	100
9..........	0 300	120
25..........	0 430	172
Total.......	1gr,520	608gr

Dates	Poids de rosée sur 25 cq.	Poids de rosée par mètre carré
MOIS DE MAI		
2......... .	0gr,090	36gr
3..........	0 080	32
20..........	0 090	36
26..........	0 150	60
30..........	0 210	84
Total........	0gr,620	248gr
MOIS DE JUIN		
1..........	0gr,150	60gr
2..........	0 210	84
4..........	0 350	140
5..........	0 310	124
7..........	0 110	44
10..........	0 220	88
17..........	0 095	38
18..........	0 110	44
24..........	0 150	60
25..........	0 195	76
30..........	0 290	116
Total........	2gr,190	874gr
MOIS DE JUILLET		
1..........	0gr,105	42gr
6..........	0 105	42
7..........	0 310	124
13..........	0 330	92
23..........	0 410	164
Total........	1gr,260	464gr
MOIS D'AOUT		
6..........	0gr,410	164gr
20..........	0 250	100
22..........	0 150	60
24	0 180	72
25..........	0 380	152
26..........	0 410	164
28..........	0 450	180
29..........	0 400	160
Total........	2gr.630	952gr

Dates	Poids de rosée sur 25 cq.	Poids de rosée par mètre carré
MOIS DE SEPTEMBRE		
2...........	0gr,310	124gr
3...........	0 350	140
17...........	0 150	60
22...........	0 210	84
26...........	0 380	152
28...........	0 250	100
Total........	1gr,650	660gr
MOIS D'OCTOBRE		
2...........	0 210	84gr
6...........	0 250	100
9...........	0 310	124
10...........	0 280	112
11...........	0 095	38
12...........	0 105	42
13...........	0 120	48
14...........	0 350	140
22...........	0 210	84
A reporter...	1gr,930	772gr

Dates	Poids de rosée sur 25 cq.	Poids de rosée par mètre carré
MOIS D'OCTOBRE (*suite*)		
Report......	1gr,930	772gr
23...........	0 350	140
28...........	0 150	60
29...........	0 200	80
31...........	0 110	44
Total........	2gr,740	1096gr
MOIS DE NOVEMBRE		
1.......	0gr,120	48gr
2.......	0 100	40
5.......	0 350	140
6.......	0 410	164
7.......	0 180	72
14.......	0 205 G.B.	82
20.......	0 190	76
21.......	0 195	78
24.......	0 380 G B.	152
26.......	0 150 G.B.	60
Total.....	2gr,280	912gr

Nous avons extrait des tableaux précédents le poids, l'épaisseur et le nombre de jours de rosée observés pour chacun des mois de l'année. Ces données sont résumées dans le tableau suivant :

Répartition mensuelle de la rosée.

	Déc. 1893	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai
Poids par mètre carré.	1466 gr	559	1114	854	608	248
Épaisseur en m/m.....	1,466 m/m	0,559	1,114	0,854	0,608	0,248
Nombre de jours.....	14 j	8	13	13	5	5
	Juin	**Juillet**	**Août**	**Sept.**	**Octob.**	**Nov.**
Poids par mètre carré.	874 gr	464	952	660	1096	912
Épaisseur en m/m.....	0,874 m/m	0,464	0,952	0,660	1,096	0,912
Nombre de jours.....	11 j	5	8	6	13	10

Le poids total de la rosée recueillie pendant l'année 1894 s'est élevé à 9.807 gram., soit 10 kilogr. environ par mètre carré, représentant une épaisseur de $9^{m}/^{m}$,807. Cette épaisseur correspond au $0{,}0188 = \frac{1}{53}$ de la pluie annuelle, qui s'est élevée à $520^{m}/^{m}$,2 en 1894. Le nombre des jours de rosée a été de 111, soit les 0,304 des jours de l'année.

En 1893, le poids total de la rosée recueillie avec le même dispositif avait été de 8.304 gram. seulement ; le nombre de jours de rosée avait été à peu près le même et s'était élevé à 109.

Les mois où les rosées ont été les plus abondantes ont été décembre, février et octobre, caractérisés par des états hygrométriques élevés ; ce sont aussi les mois où le nombre des jours de rosée a été le plus élevé.

Les mois où les rosées ont été les plus faibles sont mai, juillet et août. Les mois de mai et de juillet sont caractérisés par des valeurs assez faibles de l'état hygrométrique moyen. 0,53 et 0,49.

Les journées où les rosées ont été les plus abondantes sont celles des 7, 8, 9 décembre 1893, où elles ont atteint 200, 200 et 180 gram. par mètre carré, puis celles du 17 février, 28 août, où le poids nocturne de vapeur d'eau condensé a été de 180 gram. par mètre carré. L'abondance de la rosée pour les journées des 7, 8, 9 décembre s'explique par un état hygrométrique élevé qui, mesuré sous l'abri thermométrique vers 8 h. 1/2 du matin, était encore de 0,78, 0,77 et 0,83. En même temps, la température s'abaissait au lever du soleil à — 5°,0 le 7, — 6°,9 le 8 et — 3°,8 le 9. Un vent faible soufflait du Nord le 7 et le 8 et de l'Ouest le 9 au matin.

Le 17 février, l'état hygrométrique s'est maintenu à 0,75 pendant une partie de la nuit ; la température s'est abaissée rapidement depuis 15°,7, température maxima de la veille jusqu'à — 1°,6 minimum de la matinée du 17. Le refroidissement énergique par voie de rayonnement est accusé par un

écart de plus de 3° entre le minimum de température sous l'abri et le minimum à $0^{m},20$ au-dessus du niveau du sol. La vitesse du vent était inférieure à 2 mèt. par seconde.

Le 28 août, l'abondance de la rosée est liée principalement à l'élévation de l'état hygrométrique, qui, de 9 heures du soir à 5 heures du matin, a oscillé entre 0,80 et 0,92 ; l'air était calme ; le rayonnement nocturne peu intense. L'écart entre le minimum de température sous l'abri et le minimum à $0^{m},20$ au-dessus du niveau du sol n'excède pas 1°.

La valeur moyenne de l'épaisseur de rosée a été, en 1894, de $\frac{9^{m}/^{m},802}{111} = 0^{m}/^{m},0885$, soit moins de $\frac{1}{10}$ de millimètre ; elle avait été de $0^{m}/^{m},079$ en 1893.

L'apport diurne moyen des rosées sous notre climat est donc faible ; il ne saurait toutefois être négligé. On sait, en effet, que le sol arable peut, comme beaucoup de corps poreux, absorber la vapeur d'eau dans une atmosphère non saturée et que la vitesse de cette absorption hygroscopique croît avec l'accroissement du degré de saturation de l'atmosphère. L'hygroscopicité du sol atteint ainsi sa valeur maxima pendant la production de la rosée, et le gain d'humidité du sol est certainement supérieur à la valeur du dépôt de rosée condensé sur la lame de verre qui a servi à nos mesures. Si faible d'ailleurs que soit l'apport de la rosée, il doit être pris en considération dans notre région, dont le caractère de sécheresse habituelle a été plus particulièrement accusé pendant ces deux dernières années.

ACCIDENTS MÉTÉOROLOGIQUES DE L'ANNÉE 1894

Par F. HOUDAILLE

Mois de Décembre 1893.

La température s'abaisse rapidement du 1er au 8, remonte jusqu'au 20 et redescend de nouveau vers les derniers jours du mois. La première période de gelée s'étend du 5 au 10, et la seconde du 23 au 31.

L'état hygrométrique se maintient généralement élevé, oscillant entre 0,50 et 0,80; il s'abaisse vers 0,50 du 26 au 31.

La pression atmosphérique présente deux dépressions bien marquées avec minimum le 11 et le 21. Ces deux minima barométriques sont séparés par une période de fortes pressions pendant laquelle le *maximum annuel* de pression 772.5 est atteint. Le mois de décembre réalise, grâce à ces deux périodes, de fortes pressions du 15 au 19 et du 22 au 31, le *maximum de la moyenne mensuelle* de la pression atmosphérique.

La vitesse du vent, modérée, est le plus souvent inférieure à 5 mètres par seconde. Le régime des vents de N.-N.-E. persiste du 12 au 20 et du 27 au 31 pendant les périodes de forte pression.

Mois de Janvier 1894.

La *plus basse température de l'année* —8°,9 s'est produite le 5 janvier. La dépression générale de la température réalisée à cette date correspond au passage d'une dépression barométrique qui, vers le 6 et le 7, a été accompagnée d'une pluie abondante de 48 millim. Cette pluie a déterminé un relèvement immédiat de la température, et les minima des diverses journées du mois

sont très peu inférieurs à zéro. Toutefois, si la température n'a pas présenté de grands abaissements, elle n'est pas marquée non plus par des relèvements importants. Pendant ce mois on observe simultanément le *minimum de la moyenne mensuelle des minima* 0°,21 et le *minimum de la moyenne mensuelle des maxima* 9°,82. C'est aussi pendant janvier que s'est produit le *minimum mensuel de l'évaporation* 2^{mm},02. C'est aussi le mois du *minimum mensuel de la température diurne* 5°,02.

L'état hygrométrique s'est maintenu généralement élevé, et du 5 au 18 a été constamment supérieur à 0,80.

Le baromètre subit plusieurs oscillations assez étendues, dont les minima occupent les dates des 6, 14, 18, 23, 26, 29 et 31.

La vitesse du vent, à part une ou deux journées vers le 2 et le 29, reste modérée; le maximum de vitesse reste inférieur à 15 mètres.

Mois de Février.

La température pendant ce mois est en progression rapide sur celle de janvier, la température maxima s'élève à 24°,5 le 27. L'*écart entre les maxima et les minima diurnes* est considérable. La valeur moyenne de cet écart est de 15°,44, valeur très voisine du maximum d'écart annuel réalisé en juillet, 16°,36.

Le rayonnement nocturne est intense, il est accusé par des écarts assez fréquents de 3 et 4° entre les minima au niveau du sol et les minima sous l'abri.

L'état hygrométrique oscille au voisinage de 0,60 avec un minimum exceptionnel inférieur à 0,05 le 14 et à 0,20 le 17.

Le minimum du 14 est la plus faible valeur relevée sur les tracés de l'hygromètre en 1894.

Le baromètre ne présente pas de dépression principale. Le minimum de la seule dépression un peu marquée n'atteint que 755 le 18.

La vitesse du vent est modérée et ne dépasse guère 10 mètres par seconde. Aucune goutte de pluie n'est tombée durant ce mois.

Mois de Mars.

La température, qui était restée supérieure à 0° du 25 février au 19 mars, s'abaisse légèrement du 19 au 23. Ce sont les seules *gelées de printemps*, très bénignes du reste, observées dans les vignobles de l'Hérault en 1894. Le rayonnement nocturne était assez intense pendant cette période, et le thermomètre à $0^m,20$ au-dessus du sol gazonné s'est abaissé le 20 à —4°,7 alors que sous l'abri la température n'était pas inférieure à —1°.

Pendant la seconde quinzaine du mois, l'état hygrométrique moyen diurne a été voisin de 0,50.

Deux dépressions barométriques, dont une assez étendue avec minimum de 747 millim. le 15, s'observent pendant ce mois.

La vitesse du vent a été faible avec maximum diurne inférieur, pour les deux tiers des journées, à 5 mètres par seconde.

Mois d'Avril.

Les températures maxima progressent jusqu'au 10 avec 26°,5, puis décroissent lentement jusqu'à la fin du mois. La température moyenne diurne est assez constante et égale à 15° environ pendant toute la durée de ce mois. Aucune gelée n'a été observée, même à $0^m,20$ au-dessus du niveau du sol.

L'état hygrométrique subit, à la suite de diverses pluies de faible importance, des variations assez étendues.

La courbe du baromètre enregistreur présente plusieurs oscillations de moyenne amplitude, avec minimum les 13, 17, 21 et 29.

La vitesse du vent est très faible ; le maximum diurne de vitesse reste inférieur, pour les trois quarts des journées, à 5 mètres par seconde.

Mois de Mai.

La température progresse jusqu'au 18, puis décroît jusqu'au 28. Du 4 au 8, par un air très calme, le rayonnement nocturne atteint une assez grande intensité. Le thermomètre à $0^m,20$ présente le 4 un écart de $5°,5$, avec le thermomètre sous l'abri.

L'état hygrométrique oscille pendant la première quinzaine autour de 0,50 et se relève du 20 au 25 avec la chute de 69 millim. de pluie qui interrompt la première période de sécheresse de l'année.

La pression barométrique présente deux dépressions assez marquées et se maintient pendant tout le mois généralement au-dessous de 760 millim. Le *minimum de moyenne mensuelle des pressions* se produit en mai et correspond à $755^m/^m,25$.

La vitesse du vent, modérée, dépasse à plusieurs reprises 10 mètres par seconde les 10, 11, 12, 13, avec un seul maximum de 15 millim. le 11.

Mois de Juin.

La température maxima, qui a atteint 30° dès le 3, s'abaisse jusqu'au 10, puis progresse rapidement vers la fin du mois et atteint $35°,2$ le 27.

L'état hygrométrique oscille en général un peu au-dessous de 0,50. Le *minimum de la moyenne mensuelle de l'état hygrométrique* 0,473 est réalisé pendant ce mois.

La pression se maintient très voisine de 760 avec deux légères dépressions le 6 et le 27.

La vitesse du vent dépasse fréquemment 10 mèt. du 7 au 15 avec un maximum de $17^m,50$ le 11. Du 10 au 16, le vent, assez violent, s'est maintenu assez constamment au N. N. W. (période de mistral).

Mois de Juillet.

Les maxima se maintiennent constamment élevés au-dessus de 30°, sauf du 10 au 16; ils atteignent 37°,8 le 28, température très voisine du maximum de l'année, 37°,9, réalisé en août. C'est d'ailleurs le mois qui fournit la *moyenne des minima* la plus élevée, 32°,55.

Il en est de même de la *moyenne des minima*, dont le *maximum* est réalisé avec 16°,19. L'*écart des maxima* avec les *minima* présente aussi sa valeur maxima annuelle 16,36 ; il en est de même de l'*évaporation*, dont la moyenne diurne atteint 7m/m,78.

L'état hygrométrique présente une oscillation diurne assez étendue.

La pression barométrique se maintient légèrement inférieure à 760 millim. avec une seule dépression assez bien marquée du 10 au 14.

La vitesse du vent est assez généralement comprise entre 5 et 10 mètres par seconde.

Mois d'Aout.

Les maxima se maintiennent au-dessus de 30° du 4 au 15; un léger refroidissement se produit du 15 au 23, puis la température remonte et atteint son maximum annuel avec 37°,9 le 30. C'est la fin de l'été de 1894 que n'avait pas interrompu la chute de 109 millim. de pluie survenue le 15 et le 16.

L'état hygrométrique s'est abaissé très sensiblement pendant la période du 8 au 14 qui a précédé les pluies orageuses des 15 et 16.

La pression barométrique oscille autour de 760, et la vitesse du vent, généralement supérieure à 5 mètres, ne dépasse que faiblement pour 6 ou 7 journées seulement 10 mètres par seconde.

Mois de Septembre.

La température décroît jusqu'au 10, puis progresse lentement jusqu'au 20, sans que les maxima excèdent 31°,5. Pendant la période de refroidissement la plus marquée du 7 au 11, le thermomètre à 0m,20 au-dessus du sol s'abaisse à deux reprises le 8 et le 10 jusqu'à + 3° et le 30 jusqu'à + 0°,2.

Le baromètre oscille faiblement au-dessous de 760.

La vitesse du vent, modérée, ne dépasse pas en général 6 à 7 mètres par seconde.

Le vent du N. W. règne avec une vitesse très modérée du 3 au 11.

Mois d'Octobre.

La température, qui s'était brusquement abaissée à la fin du mois précédent, se relève progressivement jusqu'au 10, sans excéder un maximum de 28°. Les premières gelées blanches se produisent les 16, 17, 18; le thermomètre à 0m,20 au-dessus du sol s'abaisse le 18 à — 3°,6, puis la température remonte et se maintient assez constante jusqu'à la fin du mois.

L'état hygrométrique est généralement élevé, sauf pendant la période de refroidissement du 16 au 18.

Plusieurs dépressions barométriques assez marquées se produisent durant ce mois avec minimum aux dates du 4, 20, 25. Le *minimum annuel de la pression barométrique* est atteint le 20 avec 743 millim.

La vitesse du vent reste faible, généralement inférieure à 5 mètres par seconde.

Mois de Novembre.

La marche de la température est très accidentée pendant ce mois. Les maxima se rapprochent beaucoup des minima, surtout

du 15 au 18 et du 26 au 29. La première gelée d'hiver se produit le 26 avec — 1°,5.

Des pluies abondantes, 160 millim., marquent ce mois du 16 au 19 et du 27 au 30. L'*état hygrométrique* est constamment élevé. Le *maximum* de sa valeur *moyenne mensuelle* est réalisé avec 0,795.

Plusieurs oscillations barométriques s'observent pendant ce mois avec minimum les 9, 12, 15, 25.

Quelques coups de vent de faible importance se produisent aux dates du 15, 26 et 27, sans que la valeur de la vitesse moyenne mensuelle excède 5 mètres par seconde.

MARCHE ANNUELLE

DE

L'HUMIDITÉ DU SOL

EN 1893 ET EN 1894

Par F. HOUDAILLE

Les observations de l'humidité du sol rapportées dans le présent travail ont été obtenues par la méthode qui a été indiquée dans un Bulletin précédent, année 1886, et ont porté sur les mêmes sols qui ont servi à l'étude de la marche de l'humidité du sol pendant les années 1889, 1890, 1891 et 1892[1]. Le sol A, argilo-calcaire, constitue le plateau supérieur de l'Ecole d'Agriculture; il repose sur une mince assise de calcaire coquillier surmontant la formation des marnes bleues. La proximité du lieu de prélèvement des échantillons avec le talus en pente raide de ces marnes détermine le drainage et l'égouttement facile du sol A.

Le sol B, argilo-marneux, formé par la désagrégation de marnes bleues, est situé au bas du talus et reçoit les eaux d'infiltration des formations supérieures. Son sous-sol est par suite constamment humide, et sa compacité détermine chez lui une marche annuelle de l'humidité du sol très différente de celle qui caractérise le sol A.

Les échantillons servant au dosage de l'humidité ont été prélevés par M. A. Roussel, en 1893, à l'intervalle de 1 mois 1/2

[1] F. Houdaille; *Marche annuelle de l'humidité du sol*, in *Bulletin météorologique de l'Hérault*. Années 1886, 1890, 1892.

à 2 mois et à une date suffisamment éloignée de la chute des dernières pluies, pour que la distribution de l'humidité, à différentes profondeurs, ne fût pas trop irrégulière. En 1894, les prélèvements ont été faits dans de semblables conditions mais à des intervalles plus rapprochés de 1 mois environ. L'humidité a été dosée à la profondeur de 0 mèt., 0m,25, 0m,50 et 1 mèt. simultanément pour les sols A et B. Le nombre des dosages effectués du 27 décembre 1892 jusqu'au 27 novembre 1894 s'est élevé à 152. Les tableaux suivants contiennent les résultats de ces déterminations, et la Pl. I représente la marche de l'humidité du sol à différentes profondeurs en 1893 et en 1894.

HUMIDITÉ DU SOL P. 100

TERRE A.

DATES	0m	0m,25	0m,50	1m
	ANNÉE 1893			
27 décembre 1892..	9.64	11.30	10.10	7.60
23 février 1893....	8.80	12.60	12.10	7.58
12 avril...........	1.20	6.20	8.86	7.40
9 juin............	2.24	6.96	6.90	6.86
26 juillet..........	2.20	5.38	5.90	5.60
27 septembre......	6.20	8.84	8.54	6.56
7 novembre......	5.90	8.44	7.20	6.36
	ANNÉE 1894			
15 décembre 1893..	10.60	12.50	11.90	10.40
30 janvier 1894....	9.00	12.66	13.40	13.44
26 février.........	3.90	10.04	11.84	14.14
24 mars...........	3.20	10.16	11.74	13.20
23 avril..........	9.36	9.90	11.06	12.78
29 mai...........	8.94	12.80	13.34	12.80
29 juin...........	1.84	5.70	6.96	6.24
28 juillet.........	0.96	5.12	5.16	4.76
20 août...........	8.56	7.80	6.66	6.48
21 septembre......	1.50	3.70	3.70	5.26
24 octobre........	5.60	5.40	6.50	6.36
27 novembre......	13.30	12.40	7.20	6.44

HUMIDITÉ DU SOL P. %

TERRE B.

DATES	0^m	$0^m,25$	$0^m,50$	1^m
		ANNÉE 1893		
27 décembre 1892..	14.86	15.700	15.56	14.56
23 février 1893....	13.00	16.90	13.32	14.56
12 avril...........	4.16	10.96	13.96	12.84
9 juin...........	1.70	9.26	13.80	13.88
26 juillet..	2.64	11.04	12.00	13.58
27 septembre......	7.50	13.40	12.20	11.80
7 novembre......	8.20	12.32	12.82	12.88
		ANNÉE 1894		
15 décembre 1893..	14.60	15.40	14.84	15.38
30 janvier 1894....	9.08	17.16	18.50	18.10
26 février.........	7.80	15.20	16.30	16.60
24 mars..........	3.66	17.14	14.60	16.39
26 avril...	9.88	15.85	15.10	17.17
29 mai......... ...	12.00	16.88	18.66	18.40
29 juin...........	1.85	12.70	14.34	16.36
23 juillet.........	1.80	12.94	15.30	15.09
20 août...........	10.84	13.30	13.90	16.26
21 septembre......	3.16	10.06	12.96	14.40
24 octobre........	7 90	11.10	11.30	15.10
27 novembre......	18.00	15.90	13.56	13.60

L'année 1893 a été d'une sécheresse exceptionnelle surtout dans la première moitié de l'année. Les mois de décembre, janvier, février, mars et avril n'ont fourni, à eux tous réunis, qu'un total de $71^{mm},3$, c'est-à-dire un peu moins que ce qu'apporte d'ordinaire un seul mois de l'année. Aussi la dessiccation du sol a-t-elle été extrêmement précoce. Le taux d'humidité à $0^m,25$ dans le sol A s'abaisse à 6,20 % dès le 12 avril, et au 9 juin il ne dépasse pas, à $0^m,50$, 6,90 %. Toutefois les pluies de juillet et d'août, assez abondantes, modèrent la sécheresse, et les minima d'humidité en 1893 sont légèrement supérieurs à ceux de 1894.

MINIMUM D'HUMIDITÉ (SOL A).

	1893	1894
A 0^m,25.........	5.38 p. °/₀	3.70 p. °/₀
A 0^m,50.........	5.90	5.16
A 1^m,00.........	5.60	4.76

L'année 1894 peut encore être classée dans le groupe des années de sécheresse, soit par la faiblesse de ses pluies de printemps, soit par son total annuel, qui ne dépasse pas 520 millim. La dessiccation du sol commence à se manifester à 0^m,25 et à 0^m,50 dès le mois de février ; mais les pluies assez abondantes de mai, 90 millim., relèvent le taux de l'humidité du sol, qui décroît ensuite avec une extrême rapidité dans le courant du mois de juin. Dans l'intervalle de trente jours, le taux d'humidité s'abaisse en moyenne et simultanément dans toute l'épaisseur du sol de 13 °/₀ à 6 °/₀. Le premier minimum d'humidité se produit en juillet ; il est définitif à 0^m,50 et à 1 mèt., mais à 0^m,25, l'orage du mois d'août avec ses 109 millim. relève momentanément le taux de l'humidité, qui s'abaisse ultérieurement jusqu'à 3,70 °/₀ à la fin de septembre.

Le maximum de l'humidité du sol pendant ces deux années successives n'a pas dépassé, dans la période humide séparant la sécheresse de 1893 de la sécheresse de 1894, le taux de 12,80 °/₀ à 0^m,25 et de 13,40 °/₀ à 0^m,50. L'humidité à 1 mèt. de profondeur n'a pas excédé 14,14 °/₀. Cette sécheresse relative du sol au début de l'année 1894 explique comment le minimum d'humidité observé dans les différentes couches du sol a été plus faible en 1894 qu'en 1893, quoique les conditions extérieures de sécheresse aient été moins intenses. La sécheresse d'une année peut ainsi retentir sur les conditions d'humidité du sol de l'année suivante en entamant la réserve des couches profondes. Cette remarque confirme, une fois de plus, l'observation que j'avais faite en 1891 et en 1892 sur le rôle important des couches profondes du sol comme réservoir d'alimentation des couches superficielles.

L'observation de l'humidité dans le sol B confirme la marche générale révélée par le sol A. Les maxima d'humidité y sont généralement plus élevés tant à cause de la capacité plus grande de ce sol pour l'eau que de sa situation stratigraphique à un niveau inférieur. Pour la même raison, les minima d'humidité y sont moins accusés. La diminution du taux de l'humidité, en 1893, s'étale dans la courbe représentative de la Pl. I, sous forme d'une dépression largement ouverte. Le minimum d'humidité, 9,26, à $0^m,25$, y est atteint dès le 9 juin, il est d'ailleurs inférieur à celui de 1894, 10 °/₀, qui n'est réalisé qu'en septembre. La plus grande réserve en eau des diverses couches de ce sol a permis ainsi au minimum d'humidité obtenu en 1893 et en 1894 de se classer dans l'ordre de la sécheresse relative de ces deux années. Le trop grand appauvrissement des couches du sol A avait, au contraire, déterminé pour ce sol, comme nous l'avons vu plus haut, un classement inverse au point de vue de l'humidité.

L'examen des graphiques de l'humidité montre en résumé que la vitesse de dessiccation du sol a été beaucoup plus rapide en 1894 qu'en 1893. Mais par contre, si l'on caractérise la période de sécheresse nuisible à la végétation par l'abaissement du taux d'humidité à $0^m,25$ au-dessous de 10 °/₀, on voit que la sécheresse de 1893 a été beaucoup plus prolongée que celle de 1894. La première a duré du 15 mars 1893 au 20 novembre 1893, soit huit mois consécutifs ; la seconde, du 15 juin 1894 au 15 novembre 1894, soit cinq mois seulement.

Ainsi que je l'ai montré dans un travail précédent, le taux d'humidité du sol à une époque déterminée de l'année dépend non seulement de la valeur des condensations pluvieuses et de leur mode de distribution pendant les mois précédents, mais encore de la valeur de l'évaporation mensuelle observée. Le tableau suivant met en regard les quantités de pluie tombée par mois P, l'évaporation mensuelle E',observée à l'évaporomètre de Piche, l'évaporation corrigée E, déduite pour le sol en multipliant E' par le coefficient 0,383. Ce coefficient exprime le rapport moyen

que diverses considérations exposées dans un travail précédent m'ont conduit à admettre entre l'évaporation réelle du sol et l'indication de l'évaporomètre. Nous avons mis en regard de ces données la différence P — E exprimant l'enrichissement ou l'appauvrissement théorique du sol en eau que l'on peut comparer avec la marche de la teneur moyenne mensuelle du sol en eau à la profondeur de 0m,25. Cette couche a été choisie de préférence comme étant celle qui obéit le plus directement aux deux phénomènes inverses de condensation et d'évaporation qui règlent l'humidité du sol.

RELATIONS DE L'HUMIDITÉ DU SOL AVEC LA PLUIE ET L'ÉVAPORATION.

ANNÉE 1893.

	D.	J.	F.	M.	A.	M.
Évaporation E'.......	69.9	69.9	104.5	153.0	152	188.0
Pluie tombée P.......	4m/m,0	24.8	25.5	3.5	13.5	47.0
Évaporation corrigée E.	26.7	26.7	40.2	58 5	58.0	72.0
P-E	—22.7	—1.9	—14.7	—55.0	—42.5	—25.0
Teneur en eau (A 0m,25)	12.4	11.6	12.3	9.8	6.6	6 6
Différence mensuelle d'humidité.........	+0.2	+0.8	—0.7	—2.5	—3.2	± 0
	J.	J.	A.	S.	O.	N.
Évaporation E'.......	222	254	195.5	121	94.5	71.0
Pluie tombée P......	37.0	107.5	187	157	56.5	72.0
Évaporation corrigée E.	85.0	97.3	75	46.5	36,3	27.5
P-E	—48.0	+10.2	+112	+110.5	+20.2	+44.5
Teneur en eau (A 0m,25)	6.7	5.8	6.5	8.2	8.7	9.4
Différence mensuelle d'humidité.... ...	+0.1	—0.9	+0.7	+1.7	+0.5	+0.7

ANNÉE 1894.

	D.	J.	F.	M.	A.	M.
Évaporation E'.......	69.9	62.6	111.0	128.1	131.8	154
Pluie tombée P.......	23.5	78	0	9.0	26.5	90.5
Évaporation corrigée E.	26.7	24.0	42.6	49.2	50.5	59.1
P-E	—3.2	+54.0	—42.6	—40.2	—34.0	+31.4
Teneur en eau (A 0m,25)	12.1	12.6	11.1	10.0	9.75	11.5
Différence mensuelle d'humidité.........	+2.7	+0.5	—1.5	—1.1	—0.25	+1.75
	J.	J	A.	S.	O.	N.
Évaporation E'......	191.0	241.0	206	153.5	104.6	68.0
Pluie tombée P......	0.5	2.5	109.0	7.0	14.0	160
Évaporation corrigée E	73.3	92.1	78.9	59.0	40.3	26.1
P-E	—72.8	—89.6	+30.1	—52.0	—26.3	+133.9
Teneur en eau (A 0m,25)	9.2	5.4	6.7	4.9	5.0	9.9
Différence mensuelle. d'humidité........	—2.3	—3.8	+1.3	—1.8	+0.1	+4.9

On voit qu'aux valeurs constamment négatives de P-E du mois de décembre 1892 au mois de juin 1893 correspond également une dessiccation progressive et à peu près continue du sol. Le taux d'humidité remonte à partir du mois d'août en même temps que P-E devient positif.

En 1894, P-E présente en février, mars et avril des valeurs négatives assez élevées pour lesquelles la différence mensuelle d'humidité observée est simultanément négative. En mai, P-E est positif, et le taux d'humidité se relève ; en juin et juillet, P-E négatif entraîne la sécheresse du sol interrompue en août, mais qui, reprenant en septembre, se poursuit en octobre et ne disparaît qu'avec les pluies abondantes de novembre. La relation que j'avais déjà eu l'occasion d'indiquer entre les valeurs de P-E et de la sécheresse ou de l'humidité du sol, est ainsi tout particulièrement confirmée par l'étude des années 1893 et 1894.

La planimétrie des diagrammes de la variation d'humidité à diverses profondeurs en 1893 et 1894 m'a permis de déterminer la teneur moyenne annuelle en eau des diverses assises du sol.

Le tableau suivant met ces résultats en regard de ceux obtenus pour les années 1890-91-92.

HUMIDITÉ MOYENNE ANNUELLE.

		$0^m,25$	$0^m,50$	$1^m,00$
1890..	Sol A............	9.60	10.64	10.10
	Sol B............	13.46	14.90	15.0
1891..	Sol A............	9.74	10.40	11.80
	Sol B............	13.78	17.20	16.64
1892..	Sol A............	10.04	10.44	11.04
	Sol B............	14.84	15.22	16.46
1893..	Sol A............	8.80	8.65	7.00
	Sol B............	12.75	13.60	14.95
1894..	Sol A............	9.03	9.60	9.55
	Sol B............	14.45	14.90	16.30

On voit que, si dans le sol argileux B, le taux moyen d'humi-

dité annuelle augmente avec la profondeur, la variation est beaucoup plus faible dans le sol A. En 1893, la sécheresse du sol A a été plus grande à 1 mètre que dans les couches supérieures. Ce résultat assez anormal est dû à ce que les couches profondes de ce sol, desséchées pendant l'été et l'automne de 1892, n'ont pas trouvé dans les pluies d'hiver et du printemps 1893, une alimentation suffisante pour relever au-dessus de 7,6 °/₀ leur taux d'humidité. Les condensations pluvieuses très réduites du début de l'année 1893 n'ont profité qu'aux couches supérieures du sol.

La teneur en humidité des différentes couches ne varie qu'entre des limites assez étroites pour les diverses années d'observation, sauf pour l'année 1893, où la sécheresse a été exceptionnelle. Ainsi la constance du taux moyen d'humidité est à peu près réalisée pour des conditions météorologiques assez différentes, soit qu'une compensation s'établisse au cours des diverses saisons, soit que la réserve en humidité des couches profondes joue le rôle de régulateur qui a été précédemment indiqué.

Le tableau suivant donne le taux moyen annuel de l'humidité du sol pour les couches comprises entre $0^m,25$ et 1 mètre pour chacune des cinq années d'observation.

TAUX MOYEN ANNUEL DE L'HUMIDITÉ DU SOL DE $0^m,25$ A $1^m,00$.

	Sol A	Sol B
1890.............	10.11 p. °/₀	14.45 p. °/₀
1891.............	10.65	15.87
1892.............	10.51	15.51
1893.............	8.15	13.77
1894.............	9.39	15.22

Il est intéressant de mettre en regard de ces valeurs moyennes de l'humidité annuelle du sol les valeurs de la pluie et de l'évaporation totale annuelle.

	PLUIE		ÉVAPORATION		
	Totale annuelle		Mesure directe E'	Corrigée E	P-E
1890..........	702m/m	7	1624m/m	625m/m	+77.7
1891..........	818	6	1514	580	+238.6
1892..........	704	6	1704	652	+52.6
1893..........	735	3	1695	650	+85.3
1894..........	520	5	1621	622	—101.5

On voit que le taux moyen d'humidité annuel n'est pas lié directement à la valeur de la pluie totale et de l'évaporation annuelles. Une même quantité de pluie relève en effet très inégalement le taux d'humidité du sol dans les couches comprises entre 0m,25 et 1 mètre, suivant qu'elle survient en hiver ou en été. Dans le premier cas, elle s'incorpore totalement au sol ; dans le second, il n'en parvient souvent aucune trace jusqu'à 0m,50. De même une évaporation active au printemps dissipe une grande quantité d'eau en agissant à la surface d'un sol humide; tandis que pendant l'été la dessiccation des couches supérieures atténue considérablement la perte d'eau des couches inférieures. De là vient que l'année 1894, beaucoup moins pluvieuse que l'année 1893, a été cependant beaucoup moins sèche.

En résumé, si la comparaison de la pluie tombée et de l'évaporation permet de prévoir, en général, le sens de la variation correspondante de l'humidité du sol quand on s'adresse à des périodes de courte durée, cette même comparaison perd à peu près toute signification quand on la fait porter sur l'année entière. Ce n'est que par l'observation directe que l'on peut préciser exactement les conditions de dessiccation variable des sols au cours des diverses années.

La connaissance de la marche de l'humidité du sol intéresse directement la pratique agricole, et il nous suffirait de citer, parmi les principales applications que comportent ces mesures, les suivantes : détermination approchée des quantités d'eau à restituer

par l'irrigation, appréciation de l'aggravation de la chlorose des vignes en sols calcaires, ainsi que des conditions de développement de certaines affections parasitaires (Pourridié), indications sur l'opportunité de diverses façons culturales (labours), sur la marche du dessalement des terrains littoraux. Si l'on ajoute que, dans notre région méridionale, le développement des cultures à racines superficielles est en grande partie réglé par l'humidité du sol, on sera en droit d'affirmer que la généralisation des déterminations de l'humidité du sol, que l'on ferait porter sur des sols de diverse constitution physique et géologique, influencés eux-mêmes par des conditions météorologiques assez différentes, fournirait à la pratique agricole des renseignements du plus grand intérêt.

NOTES
MÉTÉOROLOGIQUES ET AGRICOLES

RECUEILLIES

Par J.-B. CHABANEIX

(Décembre 1893 à Décembre 1894.)

DÉCEMBRE 1893.

Température de l'air	minima extrême.............	— 5°,0	le 7
	maxima extrême.............	+ 16°,8	le 15
	moyen. des minima et maxima.	+ 6°,47	

		à la surface (minima)	à 0,m25 de profondeur.
Température du sol	1re Décade...........	— 2,25	+ 7,27
	2me —	+ 0,20	7,56
	3me —	— 2,70	6,76
	Moyennes du mois..	— 1,58	+ 7,19

Pluie. — 3 jours pluvieux (1er, 20 et 21) ont donné 23mm,5 d'eau

Évaporation du mois (approximativement)....... 70mm

État hygrométrique moyen de l'air..... 72

Vents	N......	21 jours.
	O......	5 —
	S......	3 —
	E......	2 —

État du ciel. — Beau 16 jours, nuageux 9, couvert 6.

Gelées à — 1° et au-dessous	sous l'abri................	13 jours
	à la surface du sol........	16 —

Orages. — Néant.

Le thermomètre étant descendu à —5° dès le commencement

du mois, la chute des dernières feuilles de quelques arbres retardataires, tels que mûrier, orme, figuier, etc., était complète avant le 15. Le gazon des pelouses et l'herbe des prairies naturelles, encore en végétation à la fin de novembre, ont pris une teinte jaune qui dénote l'arrêt complet de la végétation.

Les nombreuses petites gelées du mois n'ont pas durci la terre au point d'arrêter les travaux. On a continué la taille de la vigne, commencée en novembre, ainsi que les déchaussements et l'application du fumier.

Les défoncements pour de nouvelles plantations sont moins actifs que l'année dernière à pareille époque. Ce ralentissement s'explique naturellement par la réduction, de plus en plus grande, des terrains à planter ; mais il est probable aussi que la mévente des vins de la dernière récolte n'y est pas étrangère, soit que les viticulteurs manquent d'argent pour entreprendre ces travaux toujours coûteux, soit qu'ils craignent de faire un mauvais placement de leurs fonds en créant de nouvelles vignes.

La cueillette des olives, effectuée pendant ce mois, n'a donné qu'un produit peu abondant et médiocre comme qualité du fruit.

Janvier 1894.

Température de l'air	minima extrême	—	5°,3	le 1er
	maxima extrême	+	14°,7	le 19
	moyen. des minima et maxima	+	4°,66	

		à la surface (minima)	à 0m,25 de profondeur.
Température du sol	1re Décade	— 5,11	+ 3,82
	2me —	+ 0,27	6,36
	3me —	— 1,20	6,53
	Moyennes du mois	— 2,01	+ 5,90

Pluie. — 12 jours pluvieux (6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 24 et 26) ont donné ... 78mm,0 d'eau

Évaporation du mois (approximativement) ... 63mm,0

État hygrométrique moyen de l'air ... 75,1

Vents	N........	20 jours.
	O.........	4 —
	S.........	2 —
	E.........	5 —

Etat du ciel. — Beau 11 jours, nuageux 6, couvert 14.

Gelées à — 1° et au-dessous	sous l'abri................	10 jours
	à la surface du sol.........	19 —

Orages. — Néant.

Janvier a été un peu plus froid et, surtout, plus humide — sans l'être trop cependant — que le mois de décembre.

Les travaux culturaux, d'ailleurs peu nombreux et peu actifs en cette saison, ont dû être suspendus plusieurs fois, vers le milieu du mois, à cause de l'humidité, dans la plaine et principalement sur les sols argileux ou marneux.

Les rares champs ensemencés en blé, orge ou avoine, paraissent pour ainsi dire absolument nus ; en y regardant de près, cependant, on constate qu'il y a un nombre de plants suffisant pour donner une bonne récolte si les conditions météorologiques à venir sont favorables.

Le noisetier commence à fleurir vers le 16. C'est le seul phénomène végétatif que nous ayons à signaler pour ce mois.

FÉVRIER 1894.

Température de l'air	minima extrême.............	—	2°,3	le 15
	maxima extrême.............	+	25°,0	le 27
	moyen. des minima et maxima..	+	8°,71	

		à la surface (minima)	à 0m,25 de profondeur.
Température du sol	1re Décade............	— 1,73	+ 6,69
	2me —	— 2,06	7,58
	3me —	— 2,40	7,83
	Moyennes du mois...	— 2,03	+ 7,36

Pluie. — Ni pluie ni neige. 00mm,0 d'eau

Évaporation du mois.......................... 117mm,4

État hygrométrique moyen de l'air................ 57,0

Vents	N.........	20 jours.
	O.........	0 —
	S.........	4 —
	E.........	4 —

État du ciel. — Beau 20 jours, nuageux 6, couvert 2.

Gelées à — 1° et au-dessous	sous l'abri................	8 jours
	à la surface du sol........	19 —

Orages. — Néant.

Février 1894 est, au point de vue de la pluviosité, — un mois tout à fait extraordinaire. Contrairement au proverbe languedocien :

Févrié laïssa lou valat rasié,

d'après lequel ce mois serait pluvieux ou neigeux plus qu'aucun autre, — il n'a donné, cette année, ni une goutte de pluie, ni un flocon de neige.

Sa température se rapproche de la normale.

La végétation est encore au repos, sauf peut-être pour le frêne élevé, qui a fleuri vers le 20 et pour l'amandier, dont les boutons à fleurs grossissent rapidement à partir du 25.

La taille de la vigne est terminée presque partout, il en est de même de la fumure et des façons culturales d'hiver.

La terre commence à être sèche à la surface.

Mars 1894.

Température de l'air	minima extrême..............	— 2°,0	le 8
	maxima extrême...............	+ 21°,9	le 12
	moyen. des minima et maxima..	+ 10°,16	

Température du sol		à la surface (minima)	à 0m,25 de profondeur.
	1re Décade...............	+ 0,45	+ 9,91
	2me —	— 0,13	10,21
	3me —	— 0,83	10,80
	Moyennes du mois...	0,47	10,30

Pluie. — 2 jours pluvieux (14 et 30) ont donné.... 9mm,0 d'eau

Évaporation du mois.......................... 128mm3,

État hygrométrique moyen de l'air................ 53,8

Vents	N........	17 jours.
	O........	2 —
	S........	4 —
	E........	8 —

État du ciel. — Beau 16 jours, nuageux 10, couvert 5.

Gelées à — 1° et au-dessous	sous l'abri...........	5 jours le 8
	à la surface du sol........	15 jours

Orages.— Néant.

Mars est loin d'avoir comblé le déficit dans l'humidité du sol, que nous constations à la fin de février. Il n'a donné, en effet, que deux jours pluvieux, fournissant la minime quantité de 9 millim. d'eau pluviométrique, tandis que l'évaporation a dépassé 128 millim. L'état moyen hygrométrique de l'air (53.8) est très faible et bien au-dessous de la moyenne.

La végétation se réveille à mesure que la température s'élève. Le sainfoin, la luzerne, le trèfle, le gazon des prairies naturelles, les blés, orges et avoines, reverdissent et se développent sensiblement à partir du 8. Les arbres et arbustes à feuilles caduques, tels que cognassier, cerisier, poirier, prunier, pêcher, sureau, vignes, chênes, etc., commencent à bourgeonner dès les premiers jours du mois. La feuillaison était faite :

Le 20 pour le sureau noir ;

Le 28 pour le cognassier, le prunier et l'amandier ;

Le 30 pour le poirier, le cerisier.

La floraison a eu lieu du :

1er au 10 pour le pêcher et le prunier ;

1er au 20 pour l'amandier ;

20 au 25 pour le poirier ;

25 au 30 pour le cerisier, le laurier noble, le Mahonia.

Avril 1894.

Température de l'air	minima extrême..............	+ 3°,2	le 2
	maxima extrême..............	26°,6	le 10
	moyen. des minima et maxima...	14°,25	

		à la surface (minima)	à 0m,25 de profondeur.
Température du sol	1re Décade..............	+ 3,93	13,37
	2me —	6,30	14,75
	3me —	6,91	14,04
	Moyennes du mois....	5,71	14,05

Pluie. — 5 jours pluvieux (14, 17, 24, 27 et 28) ont donné.................................... 26mm,5 d'eau

Évaporation du mois.......................... 131mm,9

État hygrométrique moyen de l'air................ 58,4

Vents	N........	14 jours.
	O........	2 —
	S........	4 —
	E........	10 —

État du ciel. — Beau 6 jours, nuageux 16, couvert 8.

Gelées à — 1° et au-dessous	sous l'abri.................	Néant.
	à la surface du sol........	Néant.

Orages. — Néant.

La température moyenne d'avril est supérieure à la moyenne; sa pluviosité est faible et au-dessous de la normale.

Le thermomètre n'étant pas descendu une seule fois à glace, même à la surface du sol, la végétation de toutes les plantes vivaces ou semées avant l'hiver a pris un rapide et vigoureux essor. Les semis effectués en février, mars et avril (betteraves, carottes, avoines et orges de printemps, pois, vesce, trèfle, etc.) ont levé difficilement et irrégulièrement à cause de la sécheresse de la couche supérieure du sol.

Les éphémérides végétales du mois sont:

2. Arrivée des hirondelles.

5. Feuillaison de l'arbre de Judée, de l'érable, du marronnier, de l'aramon.

8. Feuillaison du chêne blanc, du mûrier, du noyer, du tilleul; floraison du pommier.

13. Feuillaison de l'aubépine, du grenadier.

15. Feuillaison du jacquez.

16. Floraison de l'aubépine, de l'érable, du mûrier, du noyer.
16. Épiage du seigle commun.
17. Premiers chants du rossignol.
20. Floraison du marronnier.
25. Floraison du seigle.
30. Épiage du blé touselle de Provence.

On fait la première coupe des luzernes du 18 au 30; elle est généralement peu abondante.

MAI 1894.

Température de l'air	minima extrême	4°,6 le 3	
	maxima extrême	32°,3 le 18	
	moyen. des minima et maxima	17°,08	
		à la surface (minima)	à 0m,25 de profondeur.
Température du sol	1re Décade	4,32	15,20
	2me —	8,42	17,68
	3me —	9,00	16,30
	Moyennes du mois	7,25	16,29

Pluie. — 9 jours pluvieux (10, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 27 et 31) ont donné .... 90mm,5 d'eau

Évaporation du mois 154mm,2

État hygrométrique moyen de l'air 54,4

Vents	N.	15 jours.
	O.	5 —
	S.	5 —
	E.	6 —

État du ciel. — Beau 13 jours, nuageux 12, couvert 6.

Gelées à — 1° et au-dessous { sous l'abri .... Néant. / à la surface du sol .... Néant. }

Orages. — Néant.

Les 90mm,5 de pluie tombée en neuf jours ont rafraîchi et humecté la terre, qui en avait grand besoin, et donné une vigoureuse et salutaire impulsion à la végétation. A la suite de ces arrosages répétés, toutes les récoltes en terre ont pris une apparence des plus rassurantes pour le cultivateur. Les mauvaises

herbes, qui n'avaient pour ainsi dire pas encore fait leur apparition, ont aussi profité de l'humectation du sol pour se développer rapidement dans les vignes et les champs des cultivateurs, malheureusement assez nombreux, qui économisent les sarclages ou ne les donnent que lorsque les végétaux adventifs étouffent ou menacent d'étouffer la récolte.

Éphémérides végétales :

3. Épiage du blé à épi carré.

5. Floraison du sureau noir et du blé touselle de Provence.

8. Épiage du blé de Noé.

10-12. Épiage et floraison de l'orge commune à 6 rangs.

15-18. Épiage et floraison de l'orge éventail.

12. Floraison du blé à épi carré.

15. Floraison du blé bleu.

20-22. Épiage et floraison des avoines noire de Brie et de Provence.

18. Floraison du tilleul.

20. Floraison du grenadier.

28. Floraison de l'aramon et du jacquez de parc.

30. Floraison du lin de Riga.

Juin 1894.

Température de l'air	minima extrême	10°,4 le 1er
	maxima extrême	35°,3 le 27
	moyen. des minima et maxima	21°,37

		à la surface (minima)	à 0m,25 de profondeur.
Température du sol	1re Décade	10,89	18,89
	2me —	10,96	19,27
	3me —	14,00	22,82
	Moyennes du mois	11,95	20,33

Pluie. — 1 jour pluvieux (le 28) a donné.......... 0mm,5 d'eau

Évaporation du mois.......... 190mm,8

État hygrométrique moyen de l'air.......... 43mm,86

Vents	N.....	18 jours.
	O.....	1 —
	S.....	6 —
	E.....	5 —

État du ciel. — Beau 17 jours, nuageux 9, couvert 4.
Orages. — Néant.

Pas de pluie, grande sécheresse de l'air et forte évaporation, telles sont les caractéristiques hygrométriques de juin 1894. — Aussi, quoique ayant été fortement arrosée en mai, la terre devient-elle de plus en plus sèche. — Ce défaut d'humidité dans les couches supérieures se traduit par un ralentissement marqué dans la croissance des plantes à racines superficielles, telles que maïs, fourrages verts, betteraves, carottes, pommes de terre, etc. Les arbres et la vigne ne paraissent pas souffrir de cette insuffisance du météore aqueux. A part quelques tâches de chlorose remarquées pendant la première quinzaine du côté de Castelnau et près de Celleneuve, la vigne est magnifique dans tous les environs de Montpellier. Pas trace de mildiou ni d'oïdium.

1er-8. Floraison générale de la vigne.

5. Maturité des cerises du parc.

8-10. Floraison de l'olivier.

5-10. Maturité des orges communes à 6 rangs et éventail.

15. Maturité du seigle.

14-18. Maturité des avoines de Brie et de Provence.

18. Maturité du blé touselle.

20-25. Maturité du blé bleu et du blé à épi carré.

La moisson, dans le pays, se fait du 20 au 30 juin, la maturité a été précipitée par la sécheresse et la chaleur. Produit médiocre. Seconde coupe de luzerne pendant la première quinzaine; assez bonne.

Juillet 1894.

Température de l'air.	minima extrême............	11°,9	le 20
	maxima extrême............	37°,8	le 28
	moyen. des minima et maxima.	24°,34	

		à la surface (minima)	à 0m,25 de profondeur.
Température du sol.	1re Décade............	14,33	24,54
	2me —	14,03	23,72
	3me —	13,91	24,55
	Moyennes du mois..	14,09	24,27

Pluie. — 3 jours pluvieux (3, 11 et 25) ont donné. 2mm,5 d'eau

Évaporation du mois.......................... 241mm,2

État hygrométrique moyen de l'air............... 49mm,1

Vents	N........	16 jours.
	O........	4 —
	S........	6 —
	E........	5 —

État du ciel. — Beau 19 jours, nuageux 10, couvert 2.

Orages. — Néant.

La sécheresse, déjà bien marquée à la fin de juin, s'est encore accentuée en juillet.

Les maïs pour fourrages ou pour graines, les sorghos, les diverses espèces de plantes racines, sont arrêtés dans leur développement et sèchent sur pied en certains endroits.

Favorisée par un temps sec, la floraison de la vigne a admirablement réussi : toutes les fleurs ont noué et le développement des grumes marche à souhait. La floraison de l'olivier, qui a eu lieu à peu près en même temps que celle de la vigne, a beaucoup moins bien réussi ; les fruits sont rares.

La troisième pousse de la luzerne est très maigre ; les prés naturels non irrigués sont jaunes et brûlés comme en hiver.

Dans le cours de ce mois, nous avons noté :

1er. Floraison du maïs blanc des Landes.

15. Floraison des maïs cinquantain et jaune gros.

1er-20. Maturité des figues fleur.

22. Maturité des fruits du sureau noir.

28. Maturité des pêches du parc.

Les maïs fourrages récoltés vers la fin de juillet étaient peu développés et un peu durs.

AOUT 1894.

Température de l'air	minima extrême	11°,3	le 13
	maxima extrême	37°,9	le 30
	moyen. des minima et maxima.	23°,2	

		à la surface (minima)	à 0m,25 de profondeur.
Température du sol	1re Décade	12,86	23,51
	2me —	12,05	22,63
	3me —	14,54	22,19
	Moyennes du mois	13,15	22,71

Pluie.—4 jours pluvieux (3, 4, 16 et 17) ont donné. 97mm,0 d'eau
Évaporation du mois 205mm,9
État hygrométrique moyen de l'air 52mm,8

Vents	N.	14 jours.
	O.	4 —
	S.	6 —
	E.	7 —

État du ciel. — Beau 18 jours, nuageux 10, couvert 3.
Orages. — Le 16, tonnerres et grande pluie.

La sécheresse continue à augmenter pendant la première quinzaine, malgré les petites pluies du 3 et du 4. Heureusement que la pluie orageuse des 16 et 17, qui a duré près de vingt-quatre heures sans interruption et a donné 88mm,5 d'eau pluviométrique, est venue à propos rafraîchir l'air et renouveler les provisions épuisées d'humidité de la terre. Ce copieux arrosage, en lavant les feuilles et dissolvant les matières nutritives du sol, a permis aux organes de nutrition et de respiration des plantes de reprendre leurs fonctions. La vigne a largement profité de cette pluie bienfaisante; les raisins ont grossi rapidement et ont véré régulièrement, du 10 au 30, selon les variétés. La maturité des raisins précoces tels que chasselas, joannenc, madeleine, etc., a commencé vers le 10. Celle de l'aramon, de la carignane et autres cépages de cuve du pays s'est effectuée dans d'excellentes conditions du 25 août au 15 septembre.

Les pommes de terre du parc sont mûres le 10 août, le maïs cinquantain arrive à maturité vers le 25.

SEPTEMBRE 1894.

Température de l'air	minima extrême............	+ 6°,5 le 8	
	maxima extrême.............	32°,1 le 1er	
	moyen. des minima et maxima.	20°,14	
		à la surface (minima)	à 0m,25 de profondeur.
Température du sol	1re Décade............	11,07	22,28
	2me —	9,80	20,28
	3me —	11,74	21,25
	Moyennes du mois...	10,87	21,27

Pluie. — 3 jours pluvieux (6, 18 et 30) ont donné.. 7mm,0 d'eau

Évaporation du mois.......................... 153mm,2

État hygrométrique moyen de l'air............... 58mm,5

Vents	N........	20 jours.
	O........	8 —
	S........	1 —
	E........	1 —

État du ciel. — Beau 19 jours, nuageux 7, couvert 4.

Gelées à — 1° et au-dessous { sous l'abri................ Néant. / à la surface du sol......... Néant. }

Orages. — Néant.

Un peu plus chaud que d'habitude, septembre a été un beau mois de vendange. La cueillette des raisins de cuve s'est faite, autour de Montpellier, du 10 au 20. Les fruits étaient bien mûrs, volumineux, réguliers et parfaitement sains. Ils donneront certainement un joli vin, si la vinification et le logement du produit sont bien entendus. La quantité est à peu près égale à celle de l'an dernier, c'est-à-dire au-dessus de la moyenne.

Les grands maïs à graine ont mûri en septembre, savoir : le blanc des Landes le 5 septembre.

Le jaune gros le 10.

Les amandes étaient mûres vers le 5 septembre ; peu abondantes.

Maturité des noix vers le 12.
Les fruits du cognassier du Portugal étaient mûrs le 25.
Floraison du topinambour le 25 septembre.

OCTOBRE 1894.

Température de l'air	minima extrême............	+ 1°,3	le 17
	maxima extrême............	28°,0	le 10
	moyen. des minima et maxima..	15°,93	

		à la surface (minima)	à 0m,25 de profondeur
Température du sol	1re Décade..........	5,63	17,15
	2me —	5,28	16,65
	3me —	6,70	16,30
	Moyennes du mois..	5,87	16,70

Pluie.— 3 jours pluvieux (19, 20 et 25) ont donné 14mm,0 d'eau
Évaporation du mois......................... 104mm,9
État hygrométrique moyen de l'air............ 66,2

Vents	N........	22 jours.
	O........	6 —
	S........	0 —
	E........	3 —

État du ciel. — Beau 12 jours, nuageux 13, couvert 6.

Gelées à — 1° et au-dessous { sous l'abri....... 0 jour. / à la surface du sol 2 — (le 16 et 17)

Orages. — Néant.

Comme la plupart des mois qui l'ont précédé, octobre se fait remarquer par la faiblesse de sa pluviosité ; 3 jours pluvieux ont donné 14 m/m d'eau au pluviomètre. Ce fait, tout à fait anormal si l'on considère que ce mois est généralement pluvieux, rapproché des constatations du même genre précédemment faites, achève de nous convaincre que, quoi qu'il arrive en novembre, l'année météorologique 1893-94 devra être classée parmi les années sèches. Sous ce rapport, elle dépasse 1892-93, dont la sécheresse fut si désastreuse pour tous les départements où la vigne n'est pas la principale culture.

A la fin d'octobre 1893, les 11 mois écoulés comptaient 60 jours pluvieux, ayant donné 655,8 m/m d'eau pluviométrique.

En 1893-94, les mêmes mois comptent seulement 45 jours pluvieux ayant fourni une hauteur d'eau de 348,5 m/m, soit les 0,56 à peine de l'eau tombée en 1893.

La rareté et le peu d'abondance des pluies qui, heureusement pour la France, ne se sont guère fait sentir que dans les départements viticoles de l'Aude, des Pyrénées-Orientales, du Gard et d'une partie de la Provence, ont rendu les travaux aratoires difficiles à certains moments, à cause de la dureté du sol. Le manque d'humidité a nui au développement et, par suite, à la production des plantes herbacées en général; la vigne et les cultures arbustives n'ont pas souffert de cet état de choses. La sécheresse, en arrêtant la végétation des mauvaises herbes, a diminué sensiblement les frais de culture en rendant inutiles les opérations de sarclage. C'est probablement aussi à la sécheresse qu'on doit l'absence du mildiou, du black rot et autres maladies cryptogamiques dont les germes ont besoin d'humidité pour se développer.

Le maïs dent de cheval (caragua) est arrivé à maturité le 15 octobre. Les semis de blé, orge, avoine, seigle, faits en octobre dans la poussière, sortent difficilement et irrégulièrement.

NOVEMBRE 1894.

Température	minima extrême	—	1°,4	le 26
	maxima extrême		22°,1	le 10
	moyen. des minima et maxima		11°,61	

		à la surface (minima)	à 0m,25 de profondeur.
Température du sol	1re Décade	+ 7,15	15,27
	2me —	7,29	14,66
	3me —	0,22	10,23
	Moyennes du mois...	4,89	13,39

Pluie. — 12 jours pluvieux (4, 13, 16, 17, 18, 19, 25, 26, 27, 28, 29 et 30) ont donné............ 160mm,0 d'eau

Évaporation du mois.......................... 58^{mm},2

État hygrométrique moyen de l'air............... 79,8

Vents	N........	22 jours.	
	O........	1	—
	S........	3	—
	E........	4	—

État du ciel. — Beau 10 jours, nuageux 9, couvert 11.

Gelées à — 1° et au-dessous	sous l'abri.......	1 jour le 26	
	à la surface du sol.	2 —	(14 et 26)

Orages. —

Douze jours notés pluvieux ont donné 160 m/m d'eau. Ce copieux arrosage, administré à petites doses, a pénétré la terre à une grande profondeur. Il n'a pas été suffisant pour raviver les sources, qui, à peu près toutes, sont taries dès le commencement de l'été; mais, dans tous les cas, il a fourni au sol une bonne provision d'eau ; pas une goutte de ces nombreuses pluies n'étant allée aux ruisseaux. Pour peu que l'hiver nous donne son contingent ordinaire de pluie et de neige, on aura, comme on dit dans le pays, *une bonne saison*, et l'espoir que les plantes et même les animaux, dans certaines contrées, crieront moins la soif en 1894-95, qu'elles ne l'ont fait pendant les deux dernières années.

Sous l'influence d'un arrosage suffisant reçu par le sol, les semis d'automne ont levé et poussé activement. La plupart des céréales ont formé leur seconde couronne de racines à la fin du mois. Les prés ont reverdi, et de nombreuses plantes adventices se montrent dans les champs.

La défeuillaison de la vigne a commencé après la petite gelée blanche du 14 ; elle est complète vers la fin du mois.

Après la chute des feuilles, on remarque des ceps paraissant très malades ou morts, dont le bois et même le sol est noir de fumagine. Cet accident se voit surtout dans les vignes situées entre la gare des prés d'Arène et le mas de Las Sorres.

Les mûriers qui n'ont pas été taillés au printemps et les arbres

fruitiers, tels que pêcher, prunier, poirier, cerisier, grenadier, cognassier, noyer, etc., ont perdu leurs feuilles du 10 au 30 novembre.

Le néflier du Japon est en pleine floraison dès le commencement du mois. Toute végétation herbacée est arrêtée depuis la gelée du 26.

Maturité des olives vers la fin du mois. Fruits petits, peu abondants. Beaucoup de fumagine.

Résumé météorologique, par Saisons, DE L'ANNÉE 1893-1894.

SAISONS.		Températures. Minima extrême	Températures. Maxima extrême	Températures. Moyenne	Pluie. Jours	Pluie. Quantité	Évaporation.	Vents. N.	Vents. O.	Vents. S.	Vents. E.	Gelées à − 1° sous l'abri.	Gelées à − 1° à la surf. du sol.	Orages
						m/m	m/m							
Hiver	Décembre 1893.	— 5.0	16.8	4.47	3	23.5	70.0	21	5	3	2	13	16	0
	Janvier 1894.	— 5.3	14.7	4.66	12	78.0	63.0	20	4	2	5	10	19	0
	Février	— 2.0	25.0	8.71	0	0.	117.4	20	0	4	4	8	19	0
	Moyennes et Totaux.	— 5.3	25.0	6.61	15	101.5	250.4	61	9	9	11	31	54	0
Printemps	Mars	— 2.0	21.9	10.16	2	9.0	128.3	17	2	4	8	1	15	0
	Avril	3.2	26.6	14.25	5	26.5	131.9	14	2	4	10	0	0	0
	Mai	4.6	32.3	17.08	9	90.5	154.2	15	5	5	6	0	0	0
	Moyennes et Totaux.	— 2.0	32.3	13.83	16	126.0	414.4	46	9	13	24	1	15	0
Été	Juin	10.4	35.3	21.37	1	0.5	190.8	18	1	6	5	0	0	0
	Juillet	11.9	37.8	24.34	3	2.5	241.2	16	4	6	5	0	0	0
	Août	11.3	37.9	23.20	4	97.0	205.9	14	4	6	7	0	0	0
	Moyennes et Totaux.	10.4	37.9	22.97	8	100.0	637.9	48	9	18	17	0	0	0
Automne	Septembre	6.5	32.1	20.14	3	7.0	153.2	20	8	1	1	0	0	0
	Octobre	1.3	28.0	15.93	3	14.0	104.9	22	6	0	3	0	2	0
	Novembre	— 1.4	22.1	11.61	12	160.0	58.2	22	1	3	4	1	2	0
	Moyennes et Totaux.	— 1.4	32.1	15.89	18	181.0	316.3	64	15	4	8	1	4	0
Année entière		— 5.3	37.9	14.82	57	508.5	1619.0	219	42	44	68	33	73	0
Année 1893		— 9.4	39.9	15.18	70	727.8	1683.1	204	31	54	76	35	68	0

PARC DE L'OBSERVATOIRE DE LA COMMISSION MÉTÉOROLOGIQUE

A L'ÉCOLE NATIONALE D'AGRICULTURE DE MONTPELLIER

MARCHE DE LA VÉGÉTATION

ET EFFETS DES AGENTS CLIMATÉRIQUES SUR LES PLANTES

OBSERVÉES ET ANNOTÉES **par J.-B. CHABANEIX**

1893-1894. — Septième année d'observation.

1. — ARBRES ET ARBUSTES. — *A.* — A FEUILLES CADUQUES.

PLANTES.	BOURGEONNEM^{t}.	FEUILLAISON	FLORAISON.	MATURITÉ.	DÉFEUILLAISON.	OBSERVATIONS.
Arbre de Judée	25 mars.	5 avril.	10 avril.	12 septembre.	fin novembre.	
Aubépine	15 mars.	13 avril.	16 avril.	25 septembre.	novembre.	
Amandier	16 mars.	30 mars.	1er-20 mars.	septembre.	25 octobre.	
Bouleau blanc	25 mars.	10 avril.	30 mars.	25 septembre.	10-25 octobre.	
Cognassier du Portugal	5 mars.	28 mars.	30 mars.	30 septembre.	fin novembre.	
Chêne blanc	18 mars.	8 avril.	5 avril.	10 septembre.	comm. de déc.	
Cerisier	18 mars.	30 mars.	30 mars.	5 juin.	1er-20 novembre	
Erable	26 mars.	5 avril.	15 avril.	20 septembre.	1er novembre.	
Figuier (de Versailles)	28 mars.	10 avril.	8 avril.	1er-20 juillet.	1er-15 novembre	

Suite du Tableau précédent.

PLANTES.	BOURGEONNEM[t].	FEUILLAISON.	FLORAISON.	MATURITÉ.	DÉFEUILLAISON.	OBSERVATIONS.
Grenadier	30 mars.	15 avril.	20 mai.	20 septembre.	1[er]-15 novembre	
Hêtre à feuilles pourpres	30 mars.	5 avril.	»	»	1[er]-15 octobre.	N'a pas fleuri.
Mûrier blanc	29 mars.	8 avril.	12 avril.	juin.	10-25 octobre.	N'a pas été taillé.
Marronnier d'Inde	20 mars.	5 avril.	20 avril.	30 septembre.	1[er]-20 octobre.	
Noyer	22 mars.	8 avril.	16 avril.	12 septembre.	10-25 octobre.	
Pêcher	25 mars.	2 avril.	20 mars.	28 juillet.	30 octobre.	
Pommier (sur paradis)	22 mars.	10 avril.	8 avril.	5 octobre.	1[er]-15 novembre	
Poirier	18 mars.	30 mars.	24 mars.	»	15-30 novembre.	Les fruits sont tombés peu après la floraison.
Prunier	1[er] mars.	28 mars.	5 mars.	25 juin.	novembre.	
Sureau noir	18 février.	15-20 mars.	5 mai.	22 juillet.	novembre.	
Tilleul	30 mars.	8 avril.	18 mai.	septembre.	1[er]-20 novembre	
Vigne (Aramon)	30 mars.	5 avril.	28 mai.	août.	30 octobre.	
Vigne (Jacquez)	30 mars.	15 avril.	28 mai.	août.	1[er] novembre.	
B. — A FEUILLES PERSISTANTES.						
Arbousier commun	»	»	19 octobre.	25 octobre.	»	
Buis des Baléares	»	6 avril.	25 mars.	10 août	»	
Cratægus glabra	»	20 février.	5 mars.	5 avril.	octobre.	
Laurier noble	»	mai.	28 mars.	22 septembre.	»	
Laurier-tin	»	15 mars.	25 mars.	15 octobre.	»	
Mahonia	»	»	30 mars.	1[er]-15 juillet.	»	
Néflier du Japon	10 mars.	22 mars.	10 oct. au 25 nov.	juin.	»	
Olivier	»	mai.	nulle.	»	»	N'a donné ni fleurs ni fruits.

2 — Plantes herbacées à racines vivaces.

PLANTES.	SEMIS ou PLANTATIONS.	LEVÉE	REPRISE ANNUELLE de la VÉGÉTATION.	FLORAISON.	MATURITÉ.	ARRÊT ANNUEL de la VÉGÉTATION.	OBSERVATIONS.
Fraisier..............	»	»	1er mars.	30 mars.	5 mai........	fin novembre.	
Luzerne..............	»	»	1er mars.	25 mai.	»	25 novembre.	Coupé 3 fois.
Sainfoin..............	»	»	1er mars.	10 mai.	»	fin novembre	Coupé 3 fois.
Trèfle violet..........	15 février.	3 mars.	»	»	»	»	Tué par la sécheresse dans le courant de l'été
Giroflée jaune........	15 mars	»	»	»	»	»	N'a pas repris.

3. — Plantes annuelles.

PLANTES.	SEMIS ou PLANTATIONS.	LEVÉE.	ÉPIAGE.	FLORAISON.	MATURITÉ.	OBSERVATIONS.
Blé bleu ou de Noé........	31 octobre 93.	11 novembre.	8 mai.	15 mai.	18 juin.	
Touselle rouge de Provence	31 octobre 93.	11 novembre.	30 avril.	5 mai.	15 juin.	
Blé à épi carré............	31 octobre 93.	12 novembre.	3 mai.	12 mai.	22 juin.	
Seigle commun............	31 octobre 93.	10 novembre.	15 avril.	25 avril.	10 juin.	
Orge commune à 6 rangs..	31 octobre 93.	12 novembre.	10 mai.	12 mai.	3 juin.	
Orge éventail..............	31 octobre 93.	12 novembre.	15 mai.	15 mai.	6 juin.	
Avoine noire de Brie......	31 octobre 93.	12 novembre.	20 mai.	22 mai.	22 juin.	
Avoine grise d'hiver.......	31 octobre 93.	12 novembre.	18 mai.	20 mai.	15 juin.	
Pomme de terre...........	24 mars.	25 avril.	»	25 juin.	10 août.	
Topinambour..............	24 mars.	10 mai.	»	25 septembre.	octobre.	
Maïs blanc des Landes....	24 mars.	20 avril.	»	fin juin.	5 septembre.	
					10 septembre.	
Maïs gros jaune...........	24 mars.	20 avril.	»	15 juillet.		La levée des maïs et autres semis du printemps a été contrariée et beaucoup retardée par la sécheresse
Maïs dent de cheval.......	24 mars.	25 avril.	»	15 août.	30 octobre.	
Maïs cinquantain..........	24 mars.	20 avril.	»	20 juillet.	25 août.	
Sorgho sucré..............	24 mars.	28 avril.	»	août.	15 octobre.	
Haricot rouge d'Orléans...	24 mars.	20 avril.	»	15 juin.	août.	
Lin de Riga...............	24 mars.	15 avril.	»	30 mai.	août.	
Féverole..................	31 octobre 93.	fin novembre.	»	»	»	Tuée par l'hiver.

OBSERVATIONS

SUR UNE THÉLÉPHORÉE VIVANT SUR LA VIGNE

HELICOBASIDIUM PURPUREUM

Par M. G. BOYER.

Ce champignon a été observé sur la vigne à Vaison, en 1893, et récemment à Saint-Marcellin (Vaucluse), par plusieurs viticulteurs qui lui attribuent l'affaiblissement et la mort des ceps qu'il envahit.

Il est commun sur le Riparia et le Solonis cultivés en têtards pour la production des sarments. On le trouve aussi sur le Teinturier et le Jacquez, et il vient probablement sur les autres cépages cultivés dans la région. Je l'ai vu sur place grâce à l'obligeance de MM. Perrin et Plantevin, et je dois à ces deux actifs viticulteurs les échantillons qui m'ont permis d'en poursuivre l'étude à l'Ecole d'Agriculture de Montpellier.

L'*Helicobasidium purpureum* vit sur les racines, le tronc et la base des sarments de la vigne, et se montre sur son hôte en lames veloutées, en houppes floconneuses et en cordons duveteux d'une belle couleur rosée, violacée ou lie de vin. Il est figuré, Pl. IX, sous l'aspect qu'il présente souvent, avant la fructification, sur les têtards de Riparia et de Solonis.

On a constaté, mais sur quelques ceps seulement, qu'il se montre d'abord sur le tronc enterré, au voisinage de la surface du sol ou à une profondeur variable. Il s'étend ensuite sur les racines et

sur les parties aériennes des ceps. Sur les racines, il peut descendre jusqu'à 30 centim. de profondeur ou même davantage et atteindre les radicelles. Sur les parties aériennes, il s'élève jusqu'à 10 ou 15 centim., et, lorsque les souches sont basses, il couvre leur tête et la base des sarments.

Le mycélium est formé de filaments cloisonnés et ramifiés, droits, légèrement flexueux ou enroulés en tire-bouchon, souvent insérés les uns sur les autres à angle droit et près des cloisons. Leur contenu, homogène et transparent, peut présenter quelques gouttelettes huileuses ; parois et cloisons minces, rarement épaissies. Ils sont rose violacé, rouge brique clair ou bruns, et ces couleurs peuvent se dégrader jusqu'au blanc. Leur diamètre le plus fréquent est de 4 μ, il varie de 3,5 μ à 9μ. Les plus gros filaments présentent ordinairement les couleurs les plus foncées.

Par la couleur, le calibre, la ramification, les filaments mycéliens de l'*H. purpureum* ressemblent à ceux du Rhizoctone de la Luzerne. Ils se rapprochent aussi de ceux du *Lasiosphæria Rhacodium*, des *Rosellinia aquila* et *R. quercina*, mais avec moins de raideur ou une couleur plus claire ainsi que je l'ai constaté sur des échantillons que MM. Boudier et Rostrup m'ont obligeamment communiqués.

Selon la position qu'il occupe sur les ceps, le mycélium présente des aspects variés. Sur le tronc, au voisinage de la surface du sol et sur la tête des ceps, il est en lames feutrées, molles, à surface veloutée, formées par l'entrecroisement dans toutes les directions et l'enchevêtrement des filaments mycéliens.

Ces lames, épaisses de 1 millim. environ, rouge brique clair ou rose violacé, s'étendent peu à peu sur leur support, qu'elles recouvrent tout entier ou partiellement, se moulant sur ses inégalités, mais sans y adhérer fortement, et il est facile de les en détacher. Elles s'élèvent comme un manchon sur la base des sarments. Lorsqu'elles meurent, elles se dessèchent et s'amincissent, deviennent coriaces et cassantes et prennent une teinte jaunâtre ou blanchâtre.

De la face inférieure des lames mycéliennes partent d'autres lames moins épaisses qui s'insinuent par les fissures de l'écorce entre ses feuillets et s'y étalent en un réseau feutré d'autant plus mince que les feuillets sont plus internes. Souvent, dès le second feuillet, on ne trouve plus trace du mycélium, et, s'il pénètre parfois jusqu'au liège recouvrant l'écorce vive, c'est par quelques filaments isolés.

Sur le tronc et sur les racines, le mycélium, en orientant parallèlement ses filaments, forme des cordons minces, plus ou moins couverts d'un chevelu de ramifications qui leur donne leur aspect duveteux. Ces cordons, simples ou ramifiés, rampent à la surface de l'écorce et pénètrent rarement sous ses feuillets externes. On ne les observe pas sur la tête des ceps ni sur les sarments.

Sur la base du tronc, sur les racines et les radicelles, lorsqu'il s'y développe, le mycélium forme encore des lames et des manchons feutrés, mais dont la surface, au lieu d'être simplement veloutée, est disposée en flocons ou en houppes qui s'insinuent dans le sol jusqu'à un centim. de distance environ en se moulant sur les débris organiques et les graviers.

Les houppes mycéliennes et les lames feutrées sous-corticales paraissent particulièrement placées pour remplir le rôle d'organes de nutrition. Les cordons mycéliens jouent le même rôle et ils servent aussi sans doute à propager le champignon sur son hôte.

En outre des formes mycéliennes précédentes, nous avons observé, mais une fois seulement, de très petites pelotes formées par le champignon et mesurant au plus un millim. de diamètre. Ces pelotes étaient disséminées sur une racine de Liseron traversant une lame feutrée du champignon, et reposaient sur un fin réseau du mycélium. Elles présentaient une région centrale formée de filaments blanchâtres avec de nombreuses gouttelettes huileuses et une zone superficielle lie de vin foncé à filaments plus ou moins soudés en pseudoparenchyme. Le développement ultérieur de ces pelotes n'a pu être suivi.

J'ai observé les fructifications de l'*H. purpureum* sur des échantillons pris sur les ceps au milieu du mois de mars. Les premiers échantillons du champignon recueillis en janvier et février ne portaient pas de fructifications. Elles se produisent sur les lames du champignon exposées à l'air ou enfouies peu profondément et en tapissent toute la surface externe, qui offre alors un reflet argenté. Ce sont des basides incolores, droites puis courbées en crosses, serrées en une couche continue. (Pl. VIII, fig. 1).

Les basides (fig. 2), sont des extrémités mycéliennes incolores, très riches en protoplasme homogène, transparent, légèrement et régulièrement renflées en massue, dont le diamètre, à peu près double de celui des filaments végétatifs ordinaires, mesure 6 à 8 μ. Elles se courbent ordinairement en crosse à leur sommet, se ramifient, puis se cloisonnent transversalement. Les rameaux ou stérigmates, au nombre de 1 à 4, se développent comme de petites ampoules. Ils sont allongés, parfois très courts, fusiformes, unicellulaires, rarement avec une cloison et se terminent par une spore qui apparaît comme un petit bouton sphérique, puis ovoïde. Dans quelques cas, les stérigmates se ramifient. Les cloisons, 1 à 5, se forment successivement de la base au sommet des basides en même temps que les bourgeons stérigmatiques ou peu après leur apparition. Elles peuvent manquer toutes à la fois, et la baside est unicellulaire, ou bien, tantôt les inférieures, tantôt les supérieures font défaut.

Les spores (fig. 3) sont incolores, unicellulaires, à membrane délicate et à protoplasme transparent, ovoïdes ou légèrement arquées et atténuées à leur extrémité d'insertion, moins souvent les deux extrémités également atténuées. A leur maturité elles se détachent très facilement des stérigmates. Leur longueur, ordinairement 12 μ, varie de 10 à 16 μ. Leur largeur est de 5 à 7 μ. Les spores germent en 12 heures dans l'eau à 15° en émettant un filament mycélien incolore soit à leur sommet, soit à leur base (fig. 4). Les tubes germinatifs ne produisent pas de sporidies comme chez les *Corticium*, *Guepinia*, *Sebacina*.

Depuis longtemps déjà, l'*H. purpureum* a attiré l'attention des botanistes, et il a été observé sur un assez grand nombre de plantes herbacées ou ligneuses, à l'état stérile ou couvert de ses fructifications. Sous le nom de *Protonema Brebissonii*, Desmazières en a décrit le mycélium qui figure sur le Buis dans les *Plantes cryptogames* de ce savant; il l'indique en outre sur le Lierre [1]. Tulasne a donné la description et un beau dessin des fructifications de ce champignon, qu'il avait observé au printemps sur « les parties mortes ou vivantes des végétaux, sur la terre, au pied des arbres et des arbrisseaux et sur leurs troncs » [2]. Il le considérait comme un *Hypochnus (Hyp. purpureus* Tul.), imitant par ses basides en crosse les sporophores circinés du *Ptychogaster albus* Corda.

L'*H. purpureum* a été décrit sous son nom actuel et figuré par M. Patouillard, qui l'a recueilli sur l'*Asarum europæum* en 1885 [3]. En outre, le même auteur a décrit sous le nom de *H. purpureum Barlæ* et figuré une variété de cette espèce [4], trouvée par M. Barla, aux environs de Nice, sur les « Graminées, *Psoralea*, *Hieracium Pilosella*, *Poterium* et sur plusieurs autres plantes herbacées ». Cette variété « présente quelques légères différences avec la plante de l'*Asarum* : le tissu est plus épais, plus bosselé, les basides ont les stérigmates plus courts, et les spores sont un peu différentes ».

La plante que nous avons observée sur la vigne n'a pas les caractères de la variété *Barlæ;* elle se rattache à l'espèce type mais avec cette particularité que son mycélium est en partie

[1] Desmazières; *Pl. Crypt.*, 1834, fasc. XIV, n° 651.

[2] Tulasne; *Ann. Sc. Nat.*, 1865, tom. IV, pag. 295, et 1872, tom. XV. Pl. 10, fig. 1-2.

[3] Patouillard; *Bull. Soc. bot. Fr*, 1885, tom. XXXII, pag 171. et *Tab. anal. fung.*, 1886, fasc. V, n° 461.

[4] *Id.*; *Ibid.* 1886, tom. XXXIII, pag. 335, et *Tab. anal. fung.*, 1887, fasc. VI, n° 561.

souterrain. Cette particularité se retrouve chez l'*H. mompa*, décrit par M. Tanaka Nobujiro sur le Mûrier [1].

L'*H. purpureum* se développe sur les jeunes vignes aussi bien que sur les ceps âgés. Les ceps malades que j'ai vus ont été observés avant le départ de la végétation, à la fin de janvier et en février. Je ne peux fournir aujourd'hui aucun fait précis sur les caractères que présentent, durant la végétation, les vignes atteintes par le champignon. Les vignerons donnent sur ces caractères des renseignements contradictoires. Mais tous ont constaté que le nombre des sarments produits diminue d'une année à l'autre, et, à l'aide des sections des tailles annuelles, on a vérifié aisément que ce fait est exact. Il a été facile aussi de constater que la tête des ceps malades est desséchée et morte jusqu'à une profondeur variable au-dessous des sarments qui n'ont pas rejeté, et que le chevelu des racines enveloppées par le mycélium du champignon peut brunir et se dessécher.

Au dire des viticulteurs, les ceps attaqués sont perdus si l'on ne réussit à les débarrasser du champignon, ils deviennent improductifs et meurent au bout de deux ans. L'*H. purpureum* a-t-il sur la vigne une action aussi grave et les dégâts que nous avons reconnus peuvent-ils lui être réellement attribués?

Son mycélium vit sur les débris organiques du sol, sur les écorces mortes et jusque sur le liège recouvrant les tissus vivants de la vigne mais sans le traverser, et nous n'avons pas réussi à le voir dans ces tissus, même lorsqu'ils ne sont pas encore protégés par du liège, comme chez les jeunes racines. J'ajoute qu'il ne pénétrait pas dans la racine de Liseron traversant une lame mycélienne et dont il a été question plus haut. D'autre part, les auteurs qui ont étudié l'*H. purpureum* ne signalent pas son mycélium dans les tissus vivants des plantes variées, ligneuses ou herbacées, qu'il envahit.

[1] Tanaka Nobujiro; *A new species of Hymenomycetous fungus injurious to the mulberry tree* (*Journ. Coll. of Sc. Imp. Univ. Japon*, vol. IV, Tokyo, 1891, pp. 193-204, pl. 4).

On est conduit à admettre qu'il n'est pas parasite sur la vigne, et, dans une note récente, nous avons déjà donné cette conclusion lorsque nous ne connaissions encore que le mycélium de ce champignon [1].

L'*Agaricus melleus* a été constaté sur quelques ceps tués et dont la mort était attribuée à l'*H. purpureum*, mais sur les autres ceps plus ou moins gravement malades le pourridié n'existait pas, et il a été impossible jusqu'ici de trouver aucune autre cause suffisante pour expliquer leur affaiblissement. Cet affaiblissement, cependant, ne peut être attribué au parasitisme de l'*H. purpureum*, et si réellement ce champignon nuisait à la vigne, ce serait en retenant à son profit une partie des matières nutritives que les racines auraient absorbées et surtout en les privant d'air et en étouffant sous ses lames mycéliennes les jeunes bourgeons nés sur la tête des ceps.

Est-ce une action nuisible analogue à celle-ci que M. Tanaka Nobujiro attribue à son *H. mompa* sur le Mûrier? Il serait intéressant de le savoir. Nous n'avons pu malheureusement nous procurer son mémoire, dont nous ne connaissons qu'une analyse très incomplète [2].

Cette action attribuée à l'*H. purpureum* sur la vigne expliquerait les bons effets d'un procédé de traitement simple appliqué par M. P. Brichet, propriétaire à Vaison. Il consiste à déchausser les souches attaquées et à les décortiquer autant qu'on le peut, en enlevant le feutrage mycélien du champignon. Il conviendrait de faire cette opération avant le développement des spores du champignon, en février.

[1] G. Boyer; *Un Rhizoctone sur la vigne* (*Progrès agric. et vitic.*, 1895, n° 8).
[2] Tanaka Nobujiro; In *The Journ. of. Mycology*, 1893, vol. VII, n° 3, pag. 325.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE VIII.

Fig. 1. — Coupe d'une lame mycélienne : hyménium et appareil végétatif. — Grossissement : 350.

Fig. 2. — Développement et formes des basides. — Grossissement : 780.

Fig. 3. — Spores. — Grossissement : 830.

Fig. 4. — Germination des spores. — Grossissement : 830.

PLANCHE IX.

Helicobasidium purpureum sur une souche de Riparia.

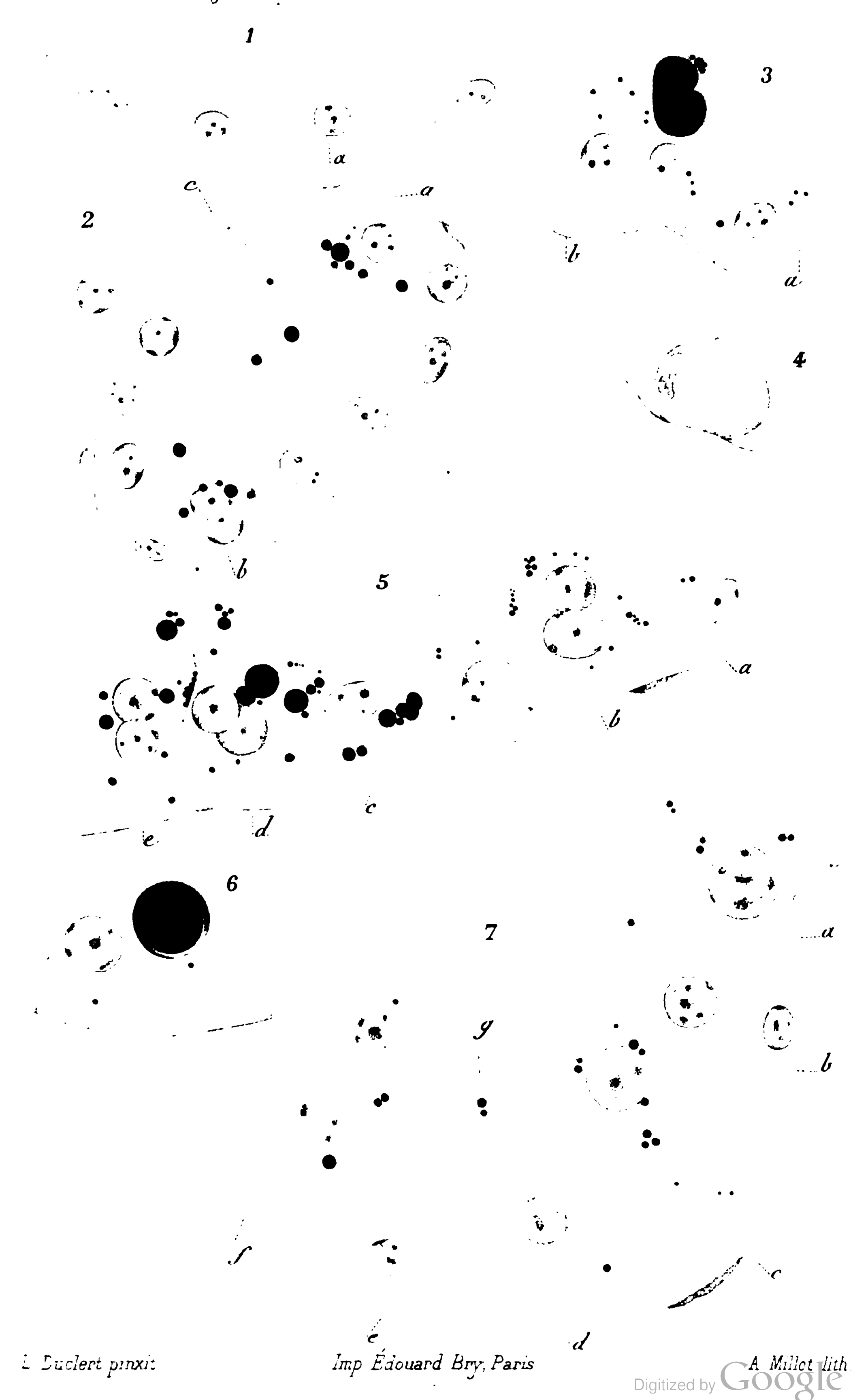
TABLE DES MATIÈRES

DU TOME HUITIÈME



L.Duclert pinxit

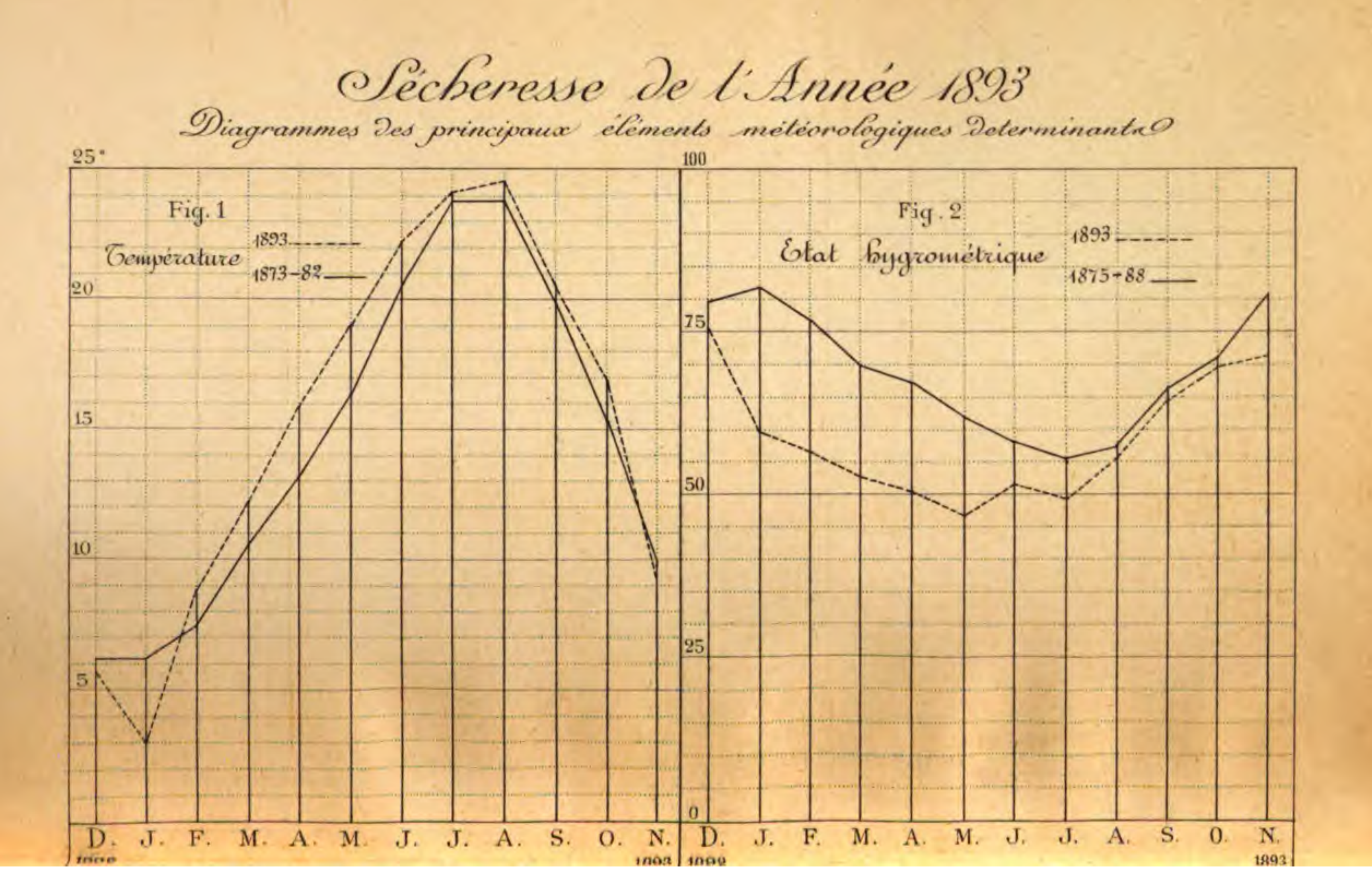
Imp. Édouard Bry, Paris.



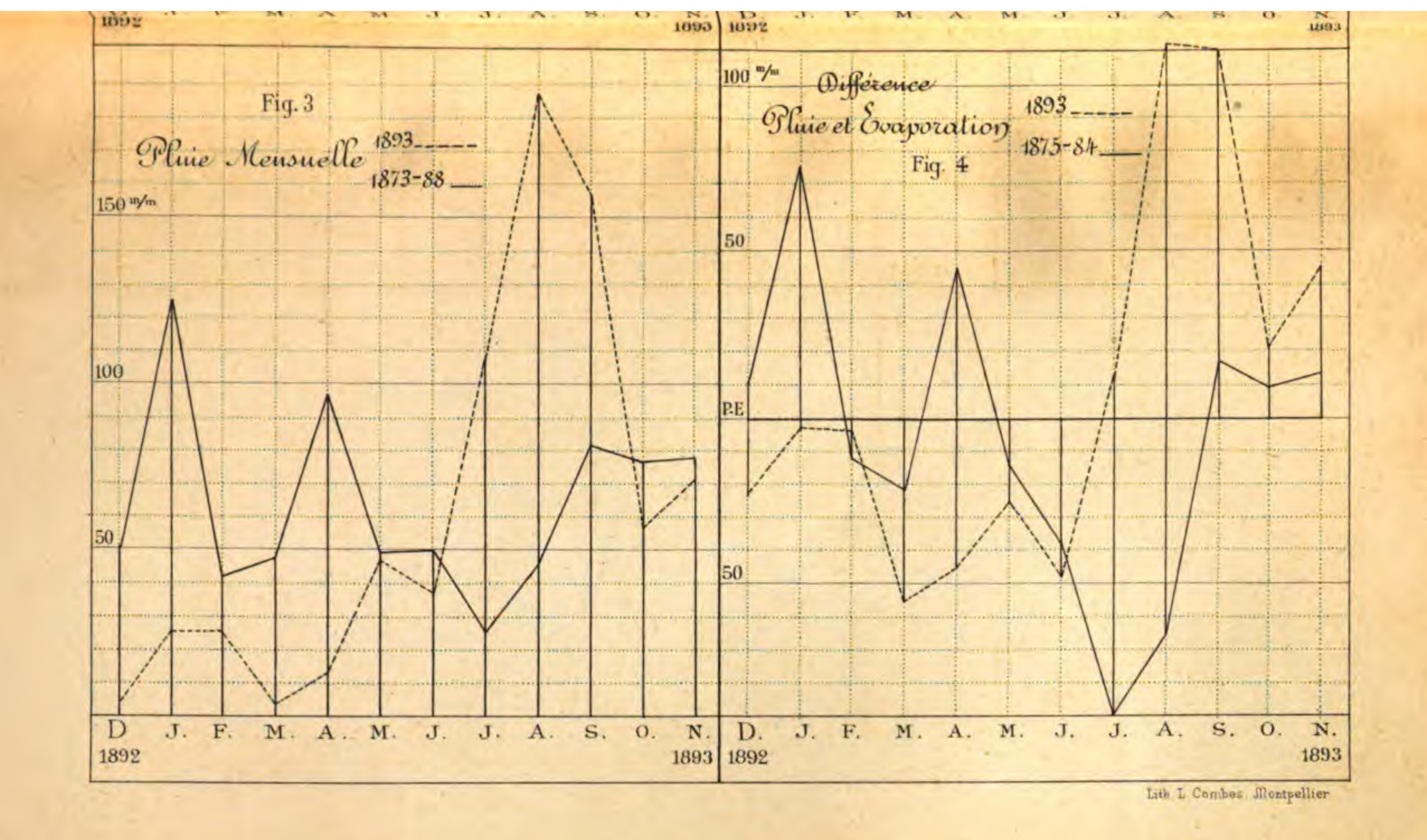
L. Duclert pinxit Imp. Édouard Bry, Paris A. Millot lith.



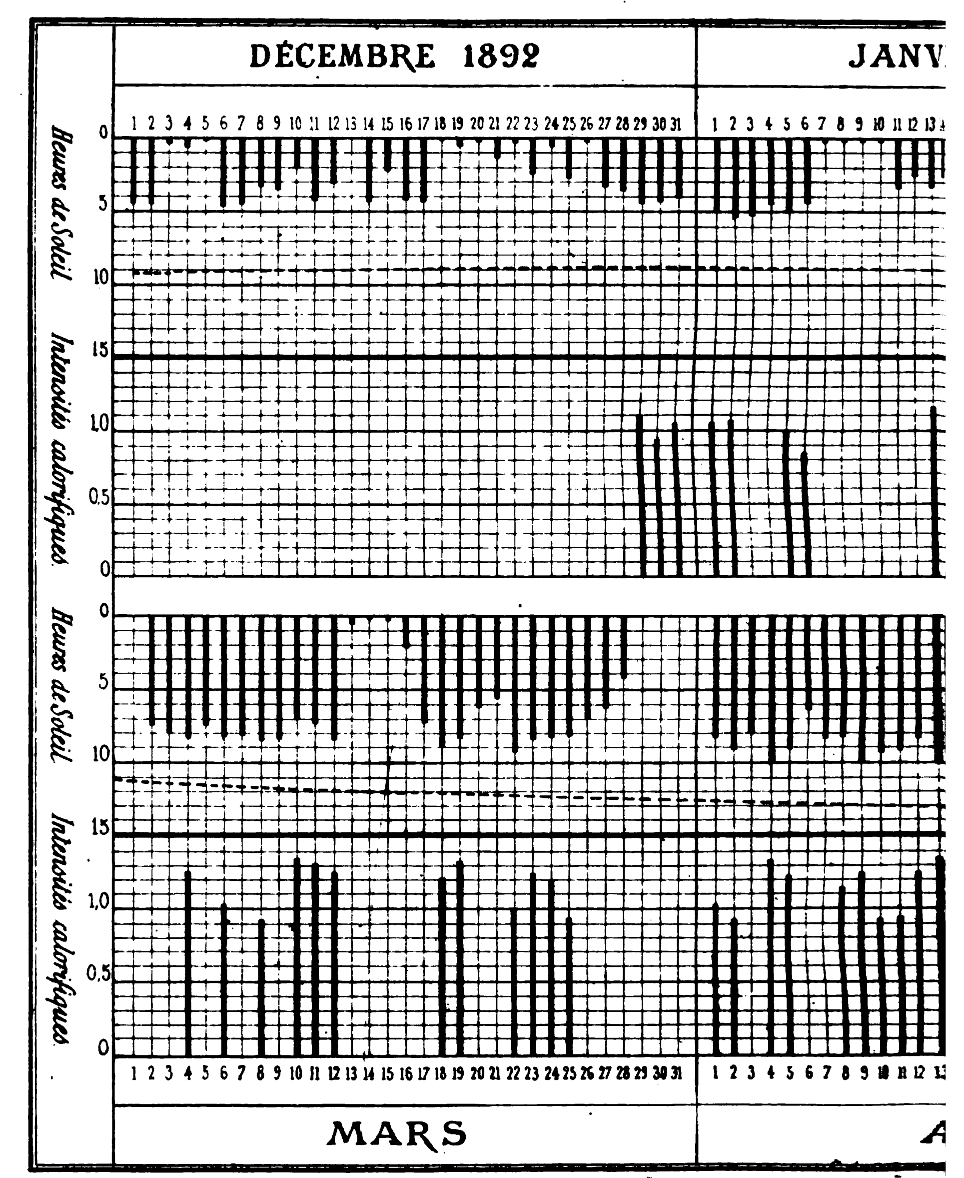
L. Duclert pinxit. Imp. Édouard Bry, Paris. F. Dufour sc.



Sécheresse de l'Année 1893
Diagrammes des principaux éléments météorologiques déterminants
Fig. 1
Température
1893 ------
1873-82 ——
25°
20
15
10
5
D. J. F. M. A. M. J. J. A. S. O. N.
Fig. 2
État hygrométrique
1893 ------
1875-88 ——
100
75
50
25
0
D. J. F. M. A. M. J. J. A. S. O. N.
1893


Fig. 3
Pluie Mensuelle 1893 -----
1873-88 ___
150 m/m
100
50
D. J. F. M. A. M. J. J. A. S. O. N.
1892
1893
100 m/m
Différence
Pluie et Évaporation
1893 -----
1875-84 ___
Fig. 4
50
P.E
50
D. J. F. M. A. M. J. J. A. S. O. N.
1892
1893
Lith. L. Combes, Montpellier




COMMISSION MÉTÉOROLOGIQUE DE L'HÉRAULT — OBSERVATOI
Nombres d'heures pendant lesquelles le soleil a brillé et calo
DÉCEMBRE 1892
JANV
Heures de Soleil
Intensités calorifiques
Heures de Soleil
Intensités calorifiques
0
5
10
15
1,0
0,5
0
MARS
A

IIRE DE L'ÉCOLE NATIONALE D'AGRICULTURE DE MONTPELLIER

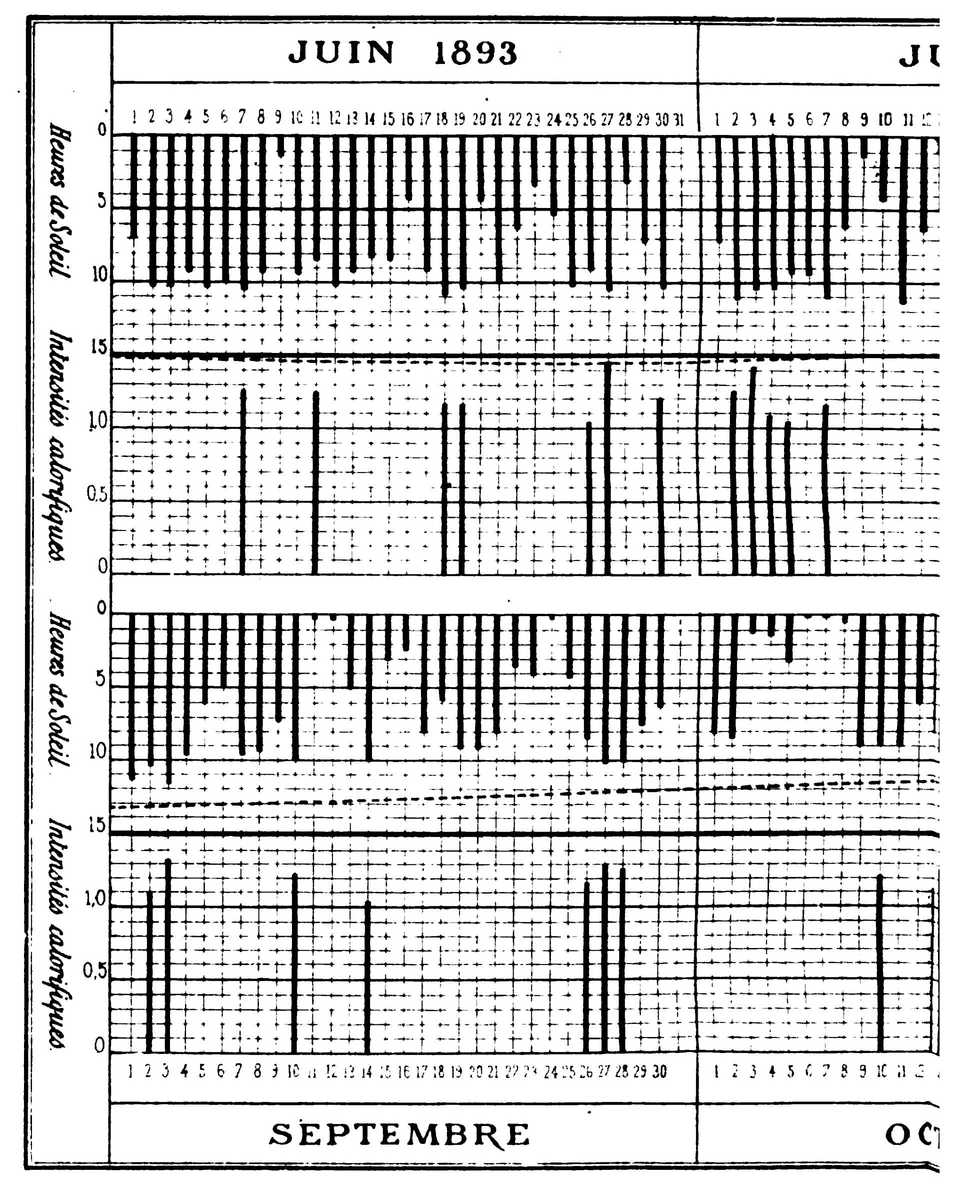
eurs absolues de l'intensité calorifique des radiations solaires à midi

VIER 1893 — FÉVRIER

14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28

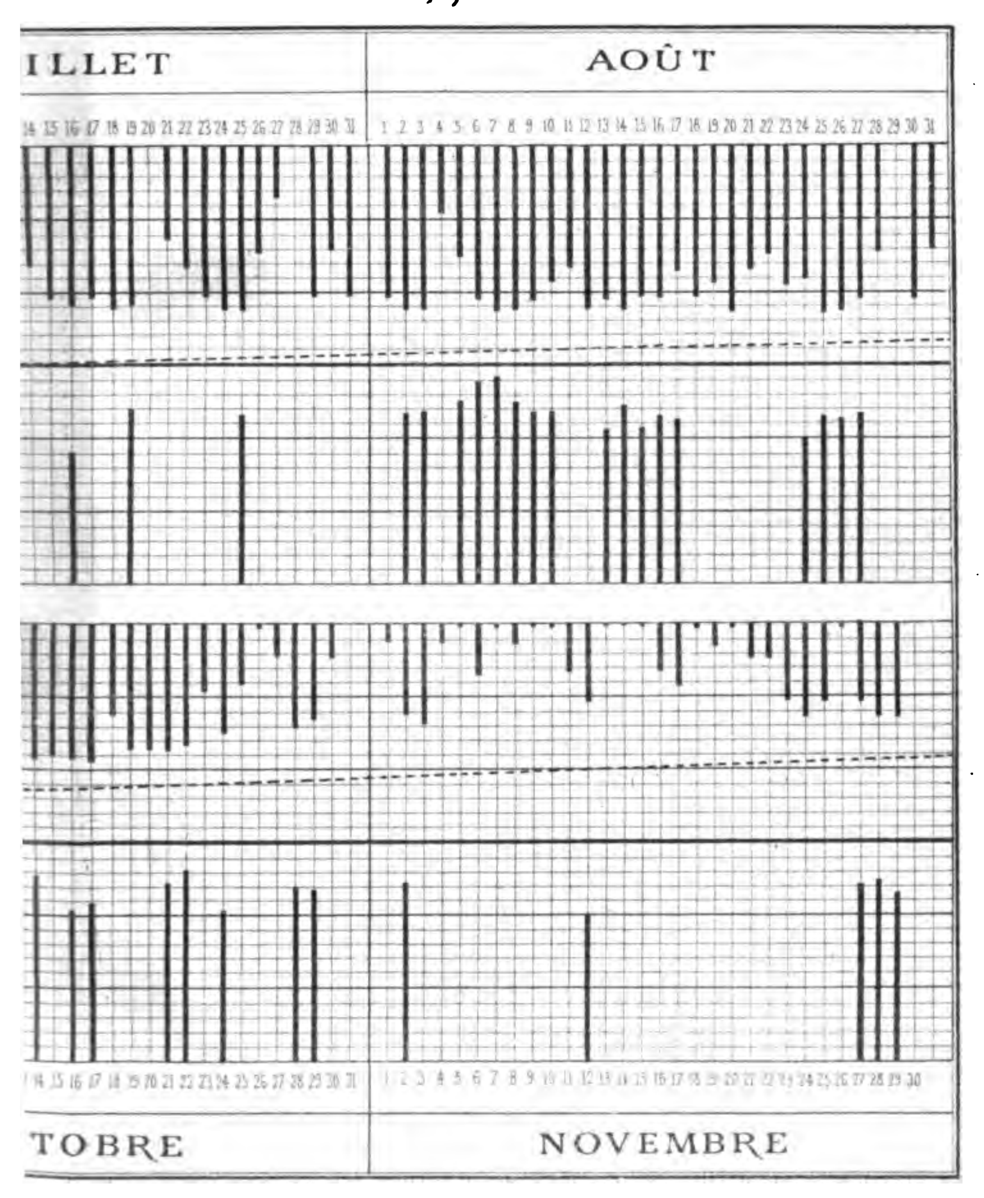
14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

VRIL — MAI


COMMISSION MÉTÉOROLOGIQUE DE L'HÉRAULT — OBSERVAT
Nombres d'heures pendant lesquelles le soleil a brillé et cal
JUIN 1893
JU
Heures de Soleil
Intensités calorifiques
0
5
10
15
1,0
0,5
0
SEPTEMBRE
OC

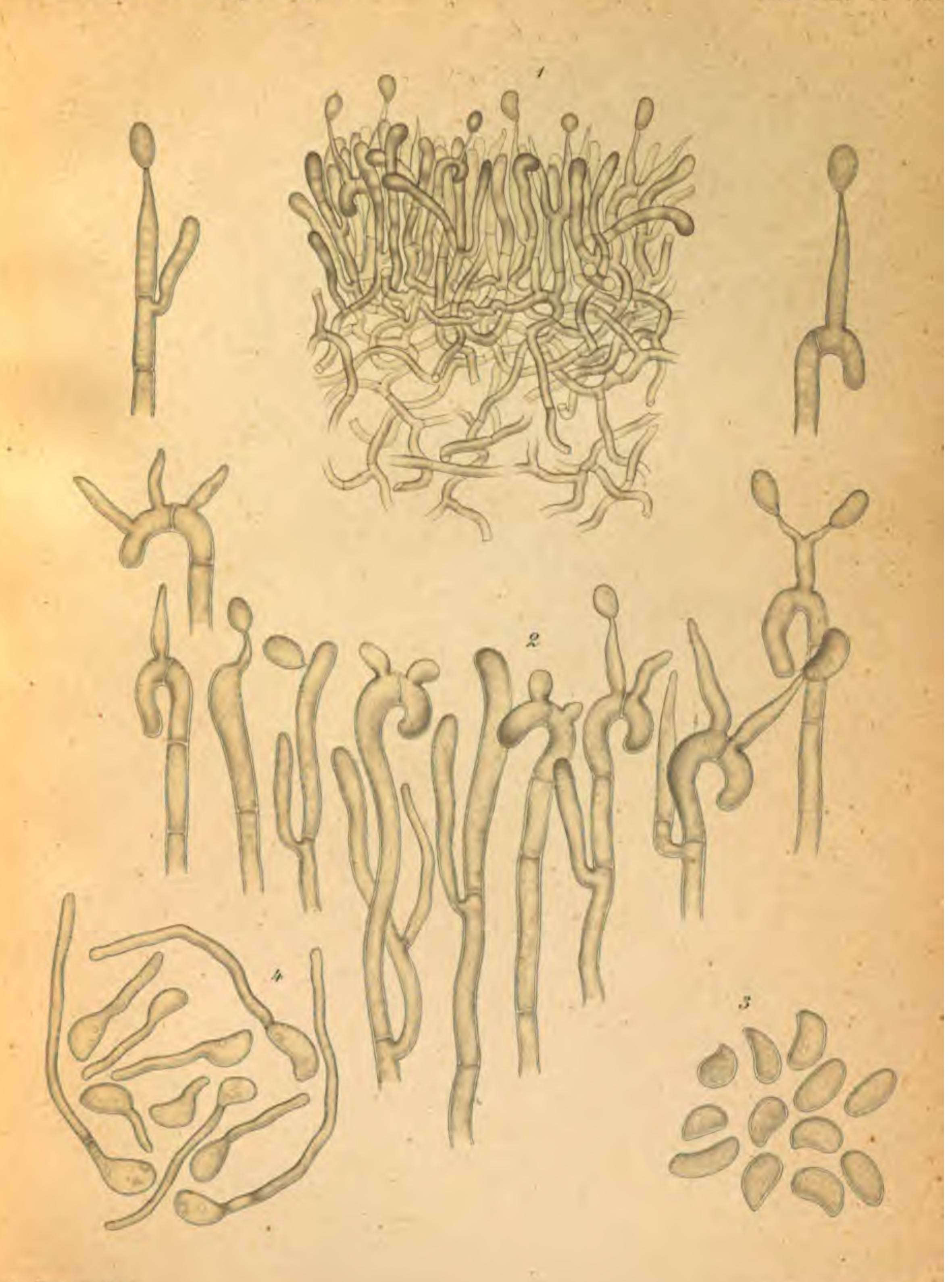
RE DE L'ÉCOLE NATIONALE D'AGRICULTURE DE MONTPELLIER

ers absolues de l'intensité calorifique des radiations solaires à midi




Utilisation des Eaux d'Egout de Montpellier
Plan des Territoires arrosables
des Communes de Montpellier et de Lattes.
Légende
Les Canaux de dérivation des Eaux d'Egout sont tracés en rouge, en trait plein pour la rive droite et en pointillé pour la rive gauche
Le grand Égout collecteur souterrain est tracé en pointillé rouge
Les terrains arrosables sont teintés en gris.
Moulin Sauret
Route de Nîmes
Verdanson
Ecole d'Agriculture
Salicate
Semalen
Moulin de l'Evêque
collecteur
Aqueduc du Peyrou
Montpellier
Polygone
Gare
Petites
Aiguerelles
Pont-Juvenal
Gare
N
Égout
Aiguerelles
Origine du Canal
Quarante
Canal d'Arrosage
1re Ecluse
Pontrinquat.
Las Sorres
Belles
Treilles
de Fer du Midi
Ruisseau d'Aiguissan


Etang de Pérols
Canal des Etangs
J. Chabaneix del.
Canal d'Arrosage
Chemin de Fer de Palavas
Chemin de Fer de Cette
rivière le Lez
Mosson rivière
Lattes
St Sauveur
St Pierre
2e Ecluse
3e Ecluse
Encavade
Gramenet
Maurin
Ruisseau
Rieucoulon
Causse
Soriech
Jamme
Richard
Saporta
Desplaces
Rondelet
La Castelle
Formiga
Tinel
Echelle de 0,001 pour 40 mètres 1/40.000
Lith. J. Combes, Montpellier.



O. Boyer del.

Lith. L. Combes. Montpellier.

Helicobasidium purpureum.



G Boyer pinxt

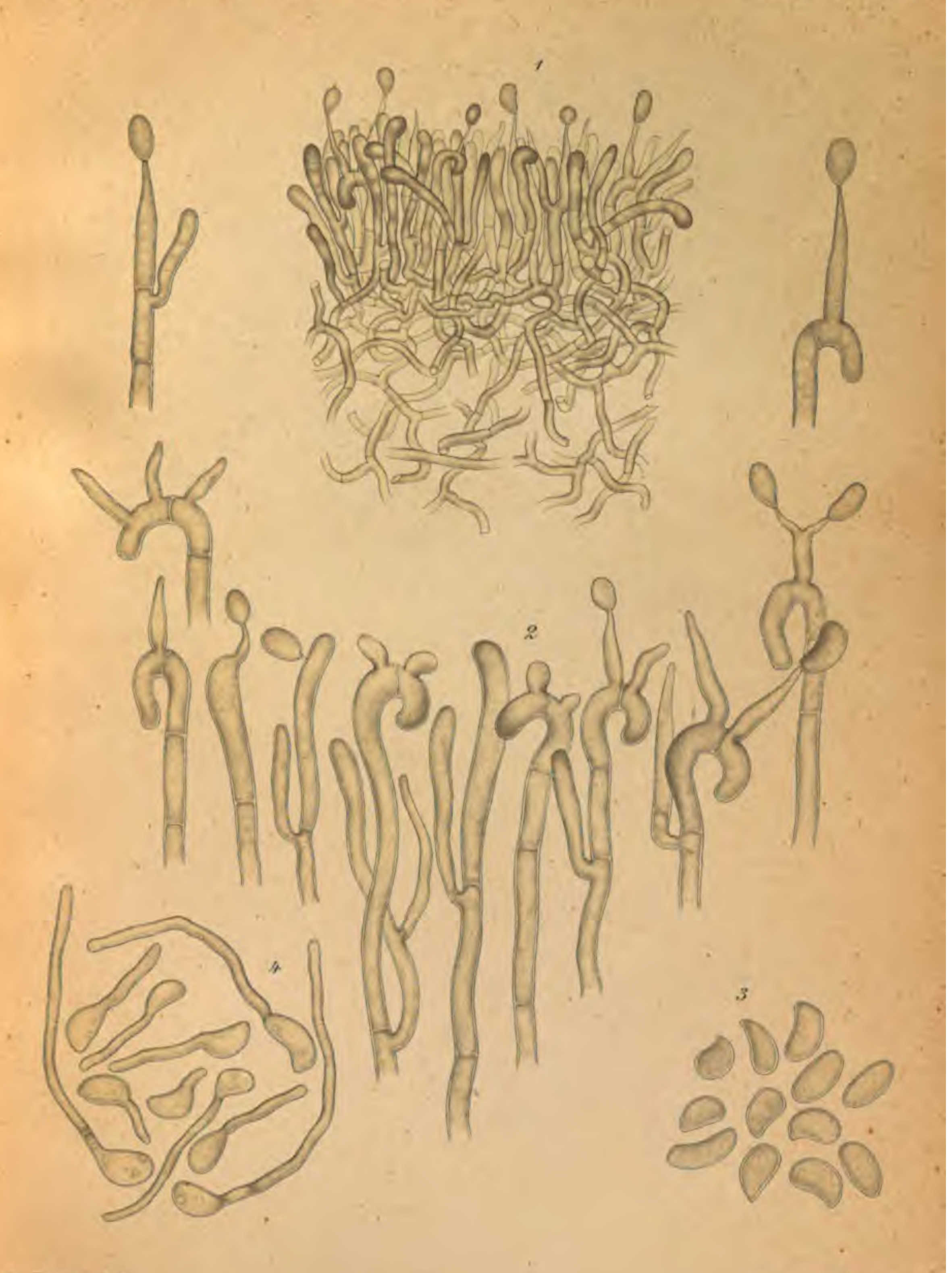
Lith J.L Goffart. Bruxelles

HELICOBASIDIUM PURPUREUM.




Utilisation des Eaux d'Egout de Montpellier
Plan des Territoires arrosables
des Communes de Montpellier et de Lattes.
Légende
Les Canaux de dérivation des Eaux d'Egout sont tracés en rouge, en trait plein pour la rive droite et en pointillé pour la rive gauche
Le grand Egout collecteur souterrain est tracé en pointillé rouge
Les terrains arrosables sont teintés en gris.
Moulin Sauret
Route de Nîmes
Ecole d'Agriculture
Verdanson
Salicate
Aqueduc du Peyrou
Montpellier
collecteur
Polygone
Gare
Petites
Aiguerelles
Pont Juvenal
Gare
N
Egout
Aiguerelles
Origine du Canal
Quarante
Canal d'Arrosage
1re Ecluse
Las Sorres
Belles Treilles
de Fer du Midi


Etang de Pérols
Canal des Etangs
J. Chabaneix del.
Lith. J. Combes, Montpellier.
Echelle de 0,001 pour 40 mètres
1/40.000
Canal d'Arrosage
Chemin de Fer
Chemin de Fer de Cette
Chemin de Fer de Palavas
Soriech
Causse
Jamme
St Sauveur
Lattes
Encivade
2e Ecluse
3e Ecluse
le Lez rivière
Gramenel
Mosson rivière
Maurin
Ruisseau
Rieucoulon
Pinel
La Castelle
Formigo
Desplans
Rondelet
Richard
Saporta
St Pierre
la Lironde



G. Boyer del. Lith. L. Combes. Montpellier

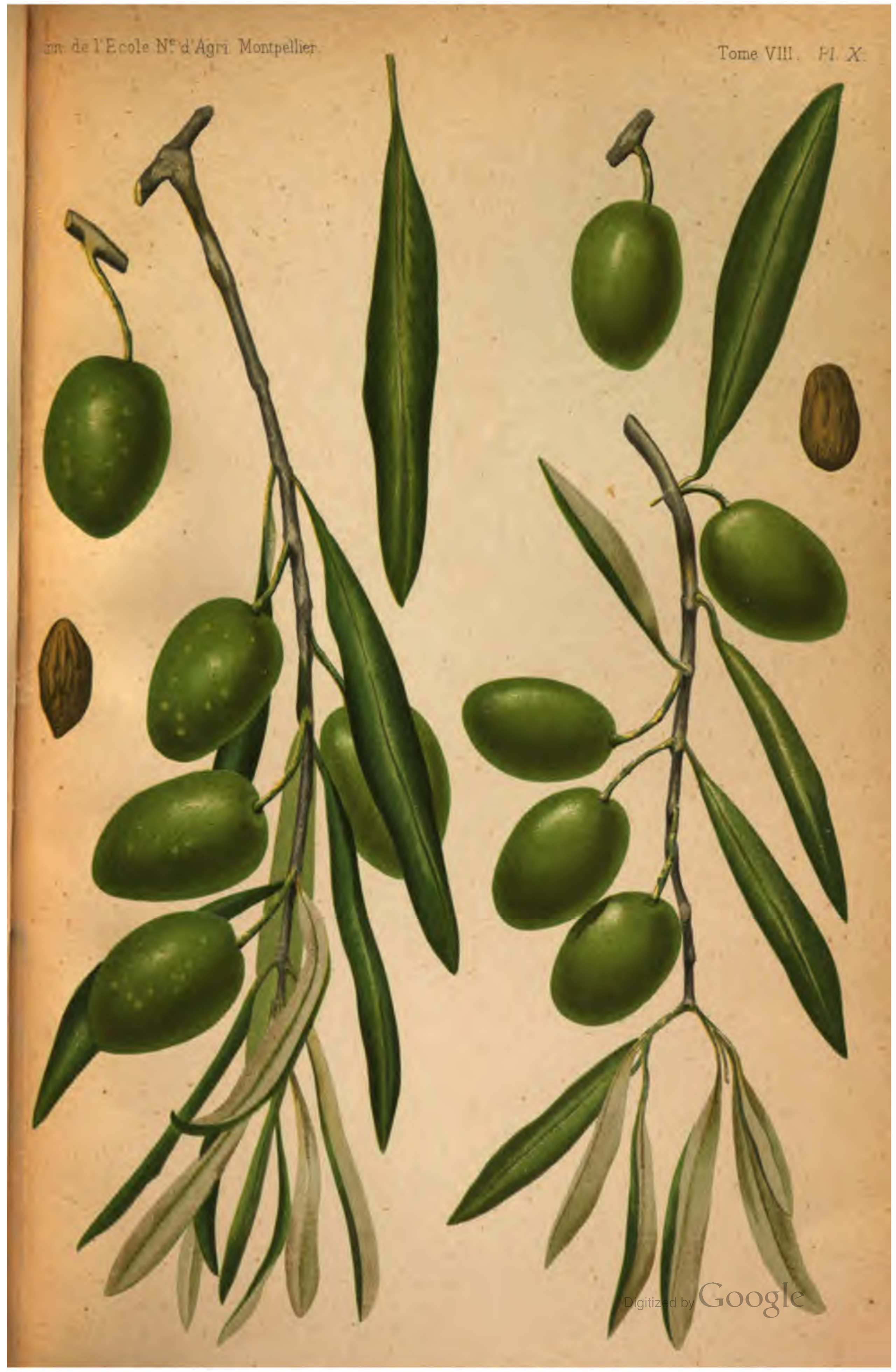
Helicobasidium purpureum.



G. Boyer pinxᵗ

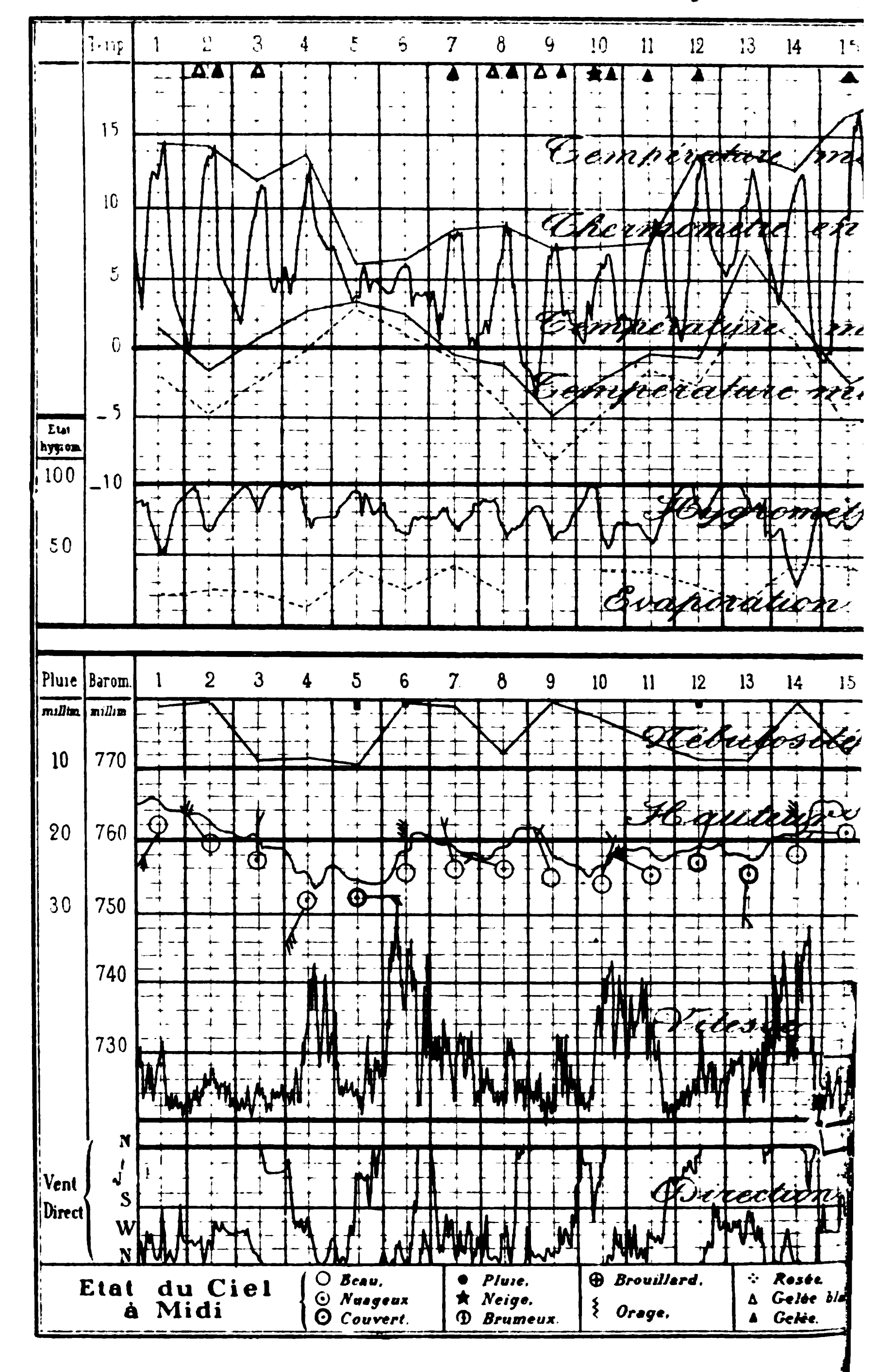
Lith. J. L. Goffart, Bruxelles

HELICOBASIDIUM PURPUREUM.



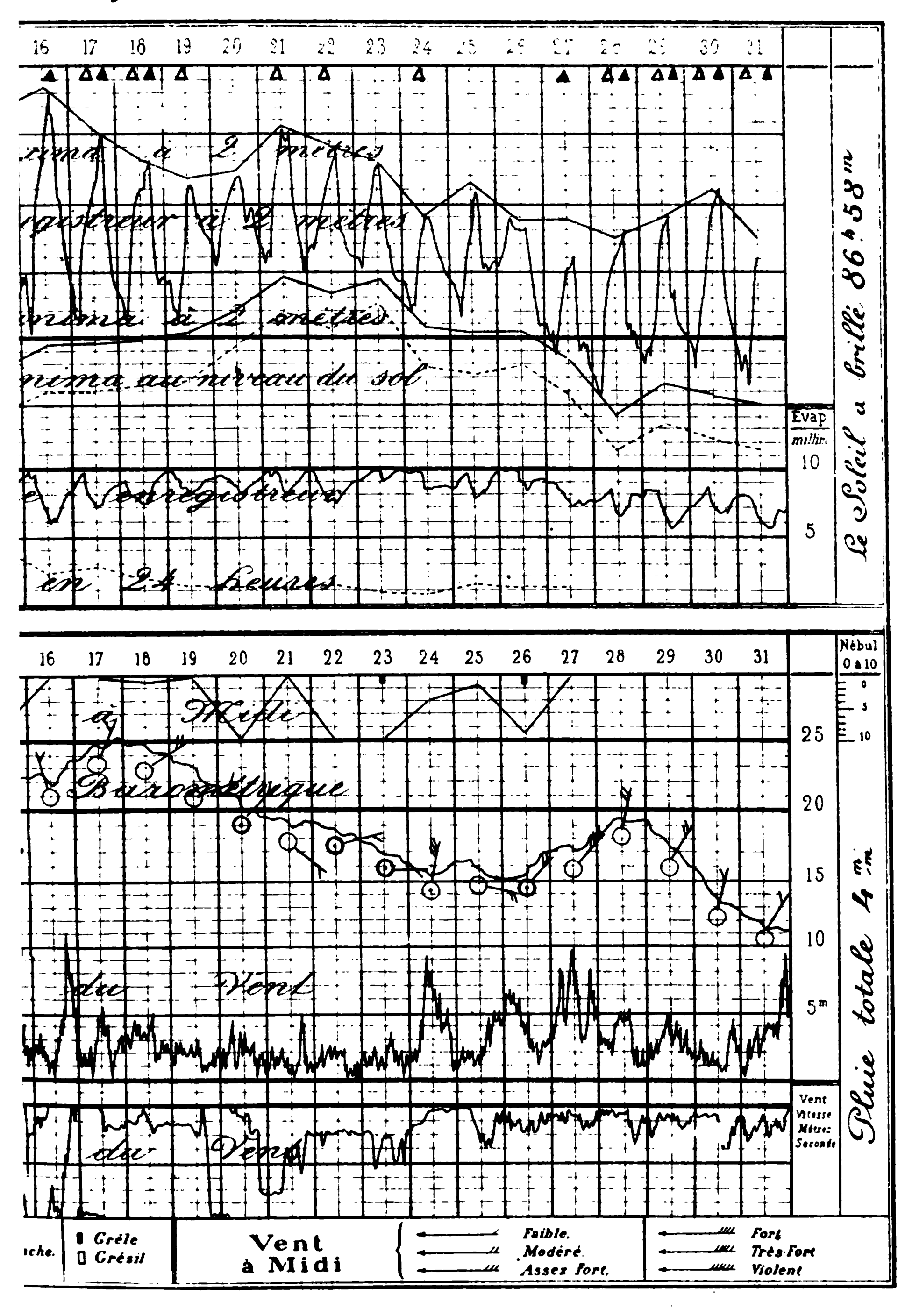
COMMISSION MÉTÉOR

Observatoire de l'École Nationale d'Agriculture d



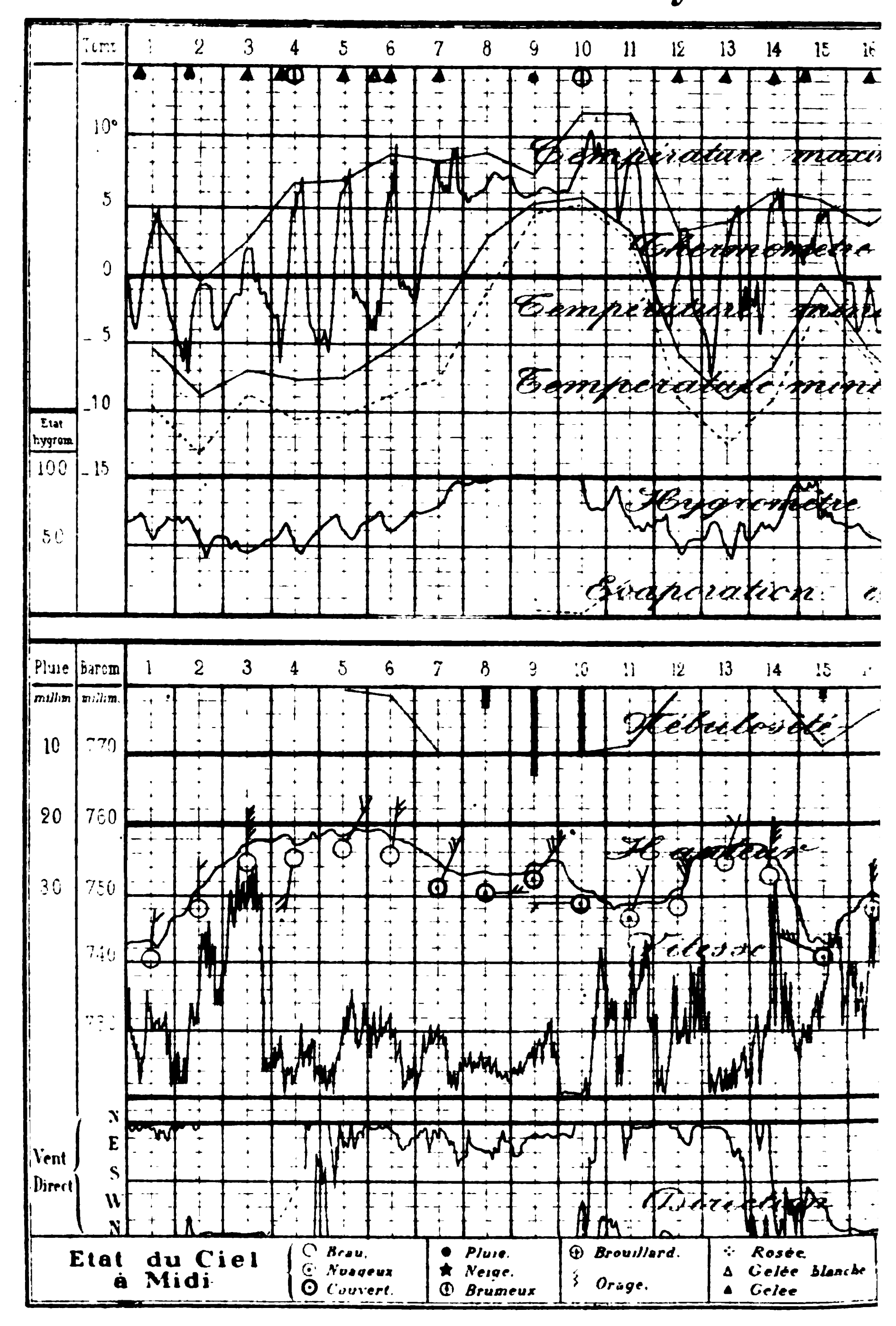
OLOGIQUE DE L'HÉRAULT

Montpellier. Altitude 45m Mois de Décembre 1892



COMMISSION MÉTÉORO

Observatoire de l'Ecole Nationale d'Agriculture de



LOGIQUE DE L'HÉRAULT

ontpellier. Altitude 45m Mois de Janvier 1893

17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

na à 2 mètres

enregistreur

ma à 2 mètres

ma au niveau du sol

Evap milim

10

5

enregistreur

24 heures

Le Soleil a brillé 102h 42m

17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

Nébul 0 à 10

à Midi

25

20

Barométrique

15

Vent

10

5m

Vent Vitesse Mètres Seconde

du Vent

Pluie totale 29m/m 5

Grêle

Grésil

Vent à Midi

Faible.

Modéré.

Assez fort.

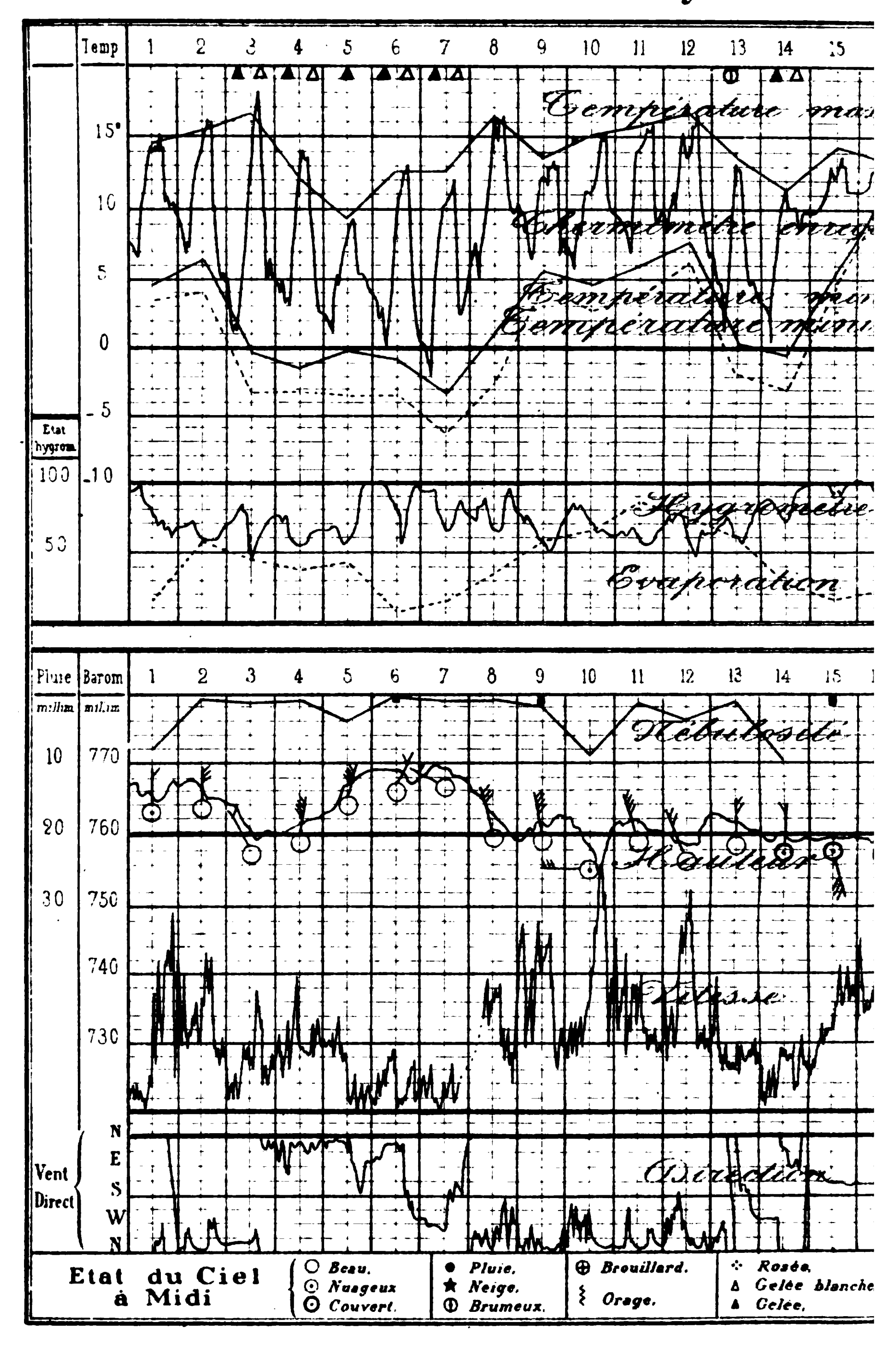
Fort

Très Fort

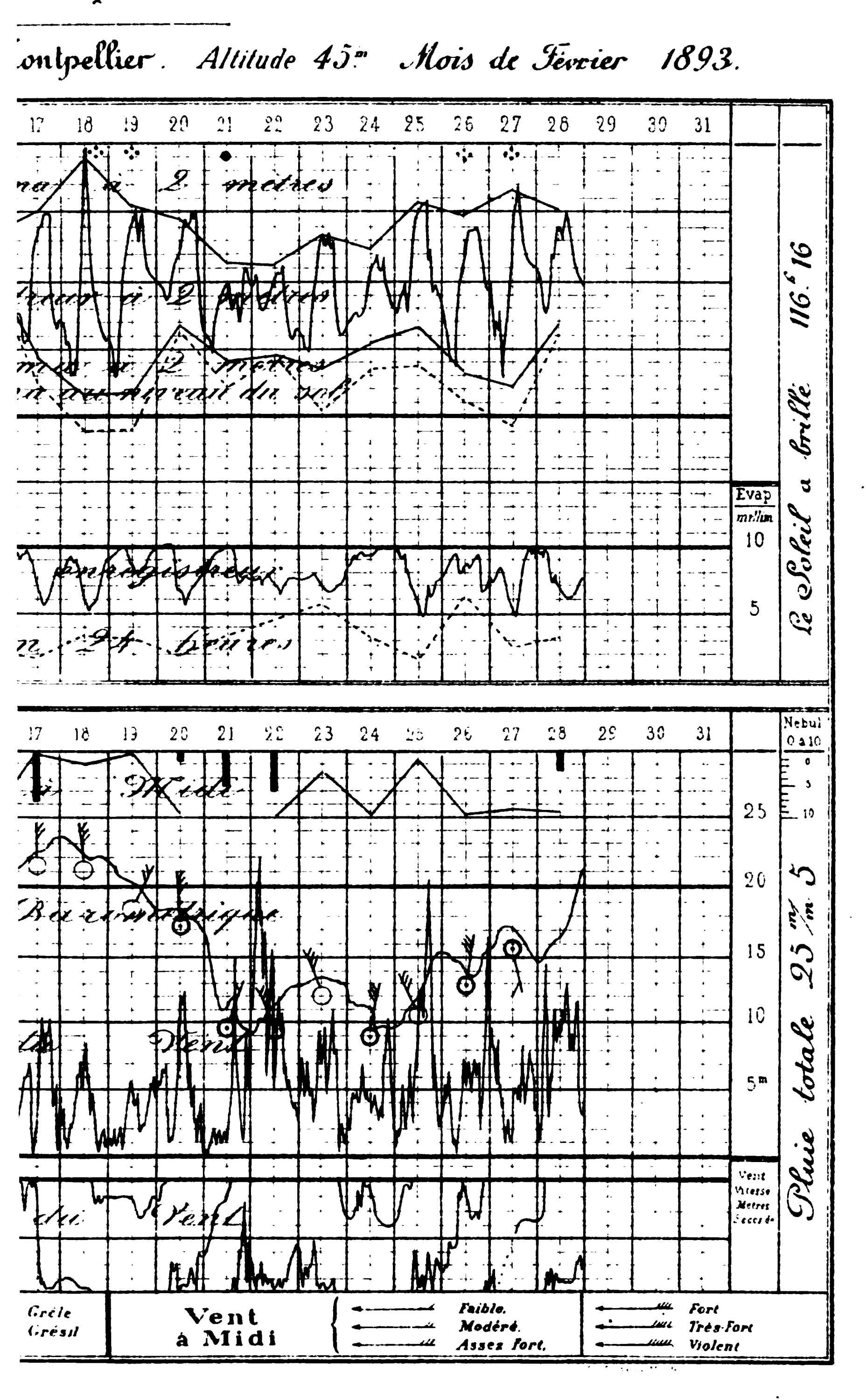
Violent

COMMISSION MÉTÉORO

Observatoire de l'École Nationale d'Agriculture de

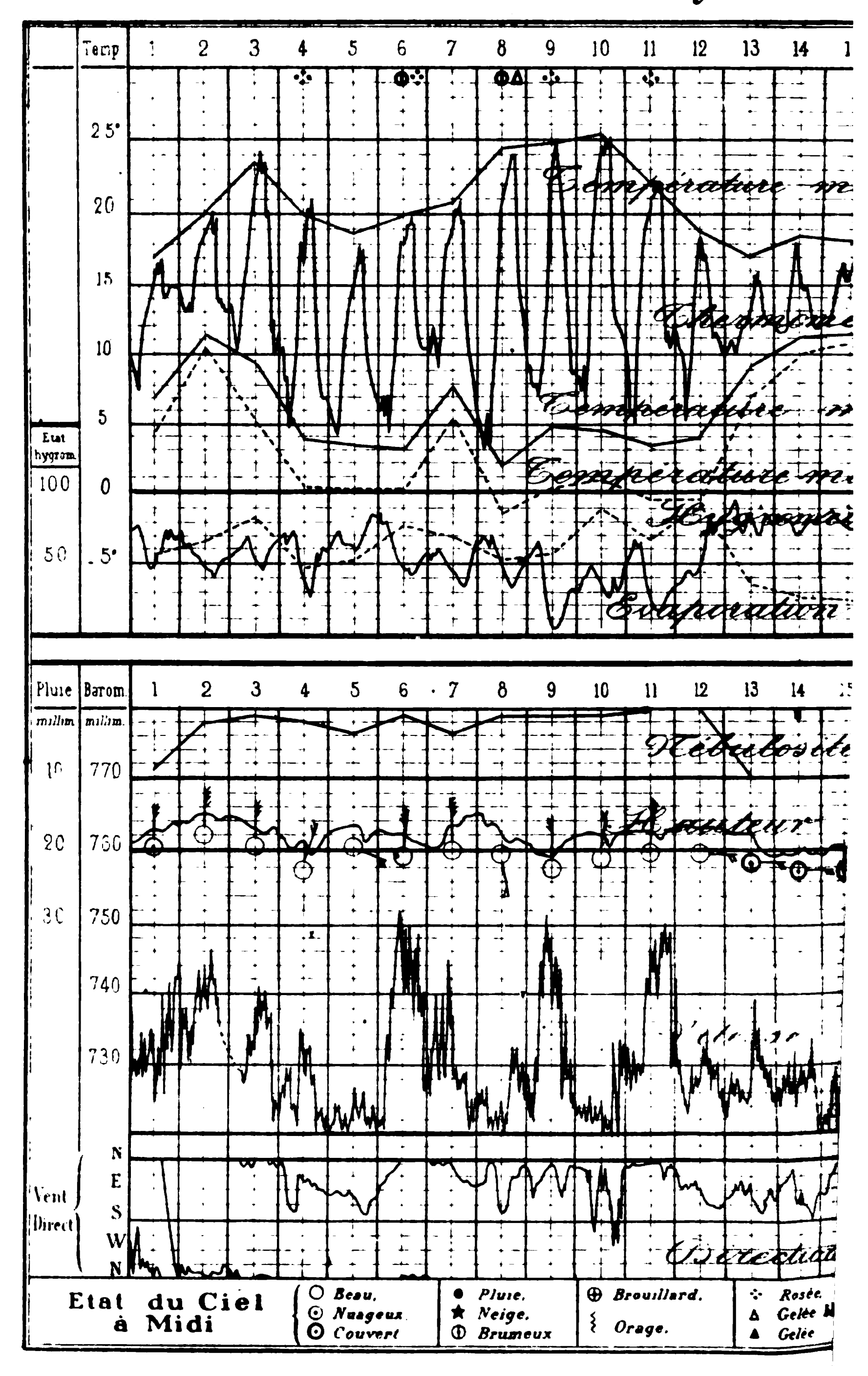


OGIQUE DE L'HÉRAULT



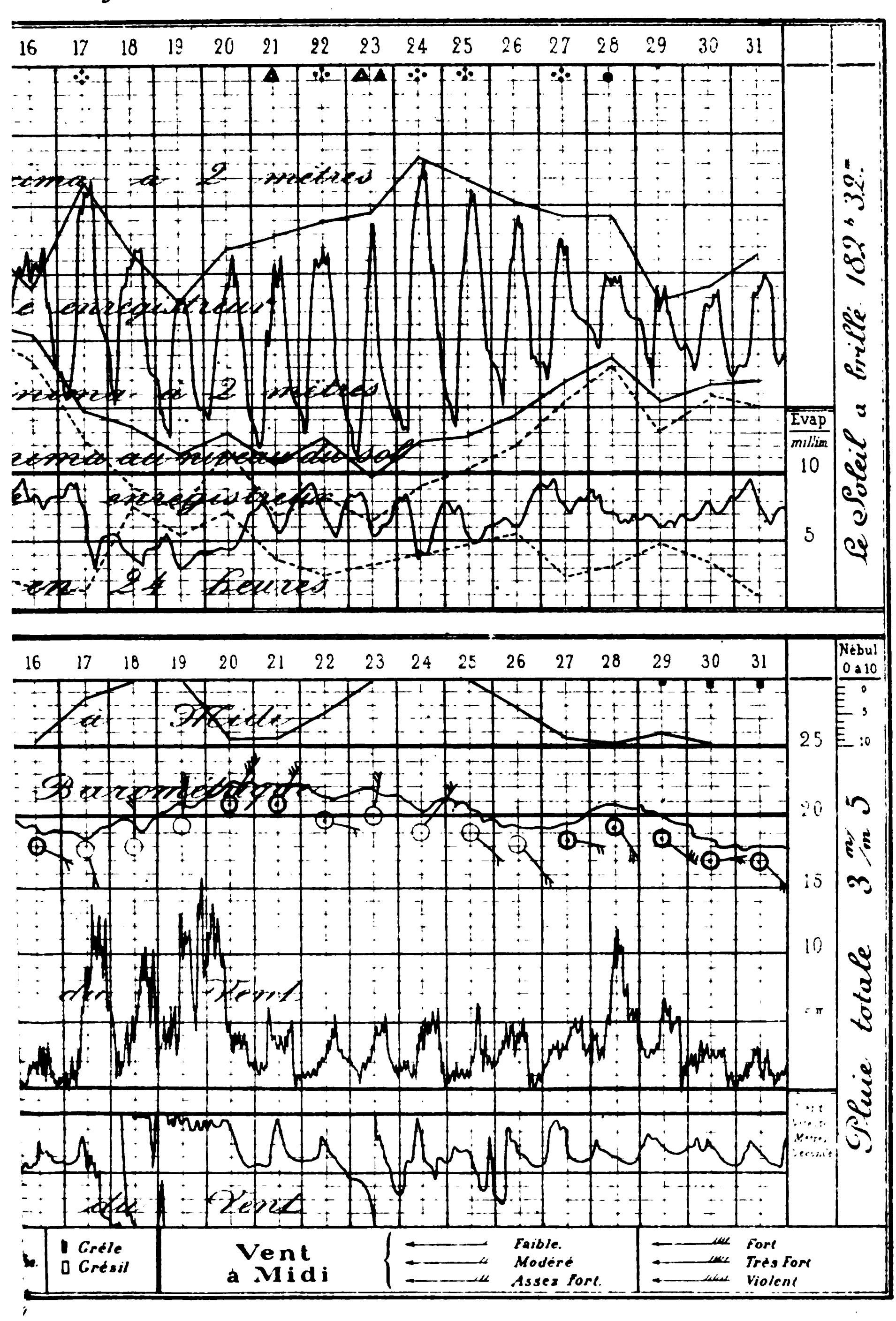
COMMISSION MÉTÉO

Observatoire de l'Ecole Nationale d'Agriculture



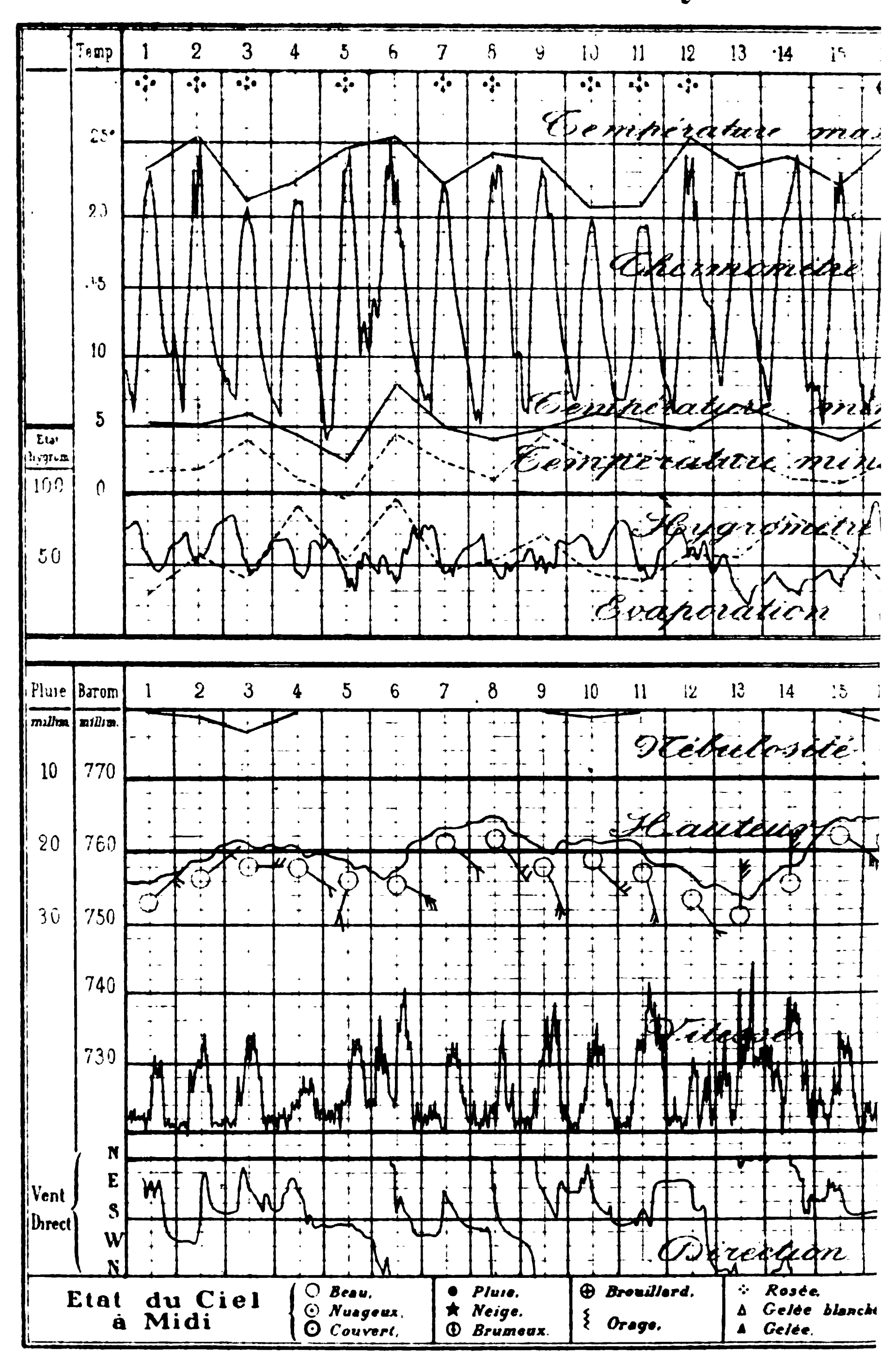
OLOGIQUE DE L'HÉRAULT

Montpellier Altitude 45m Mois de Mars 1893.



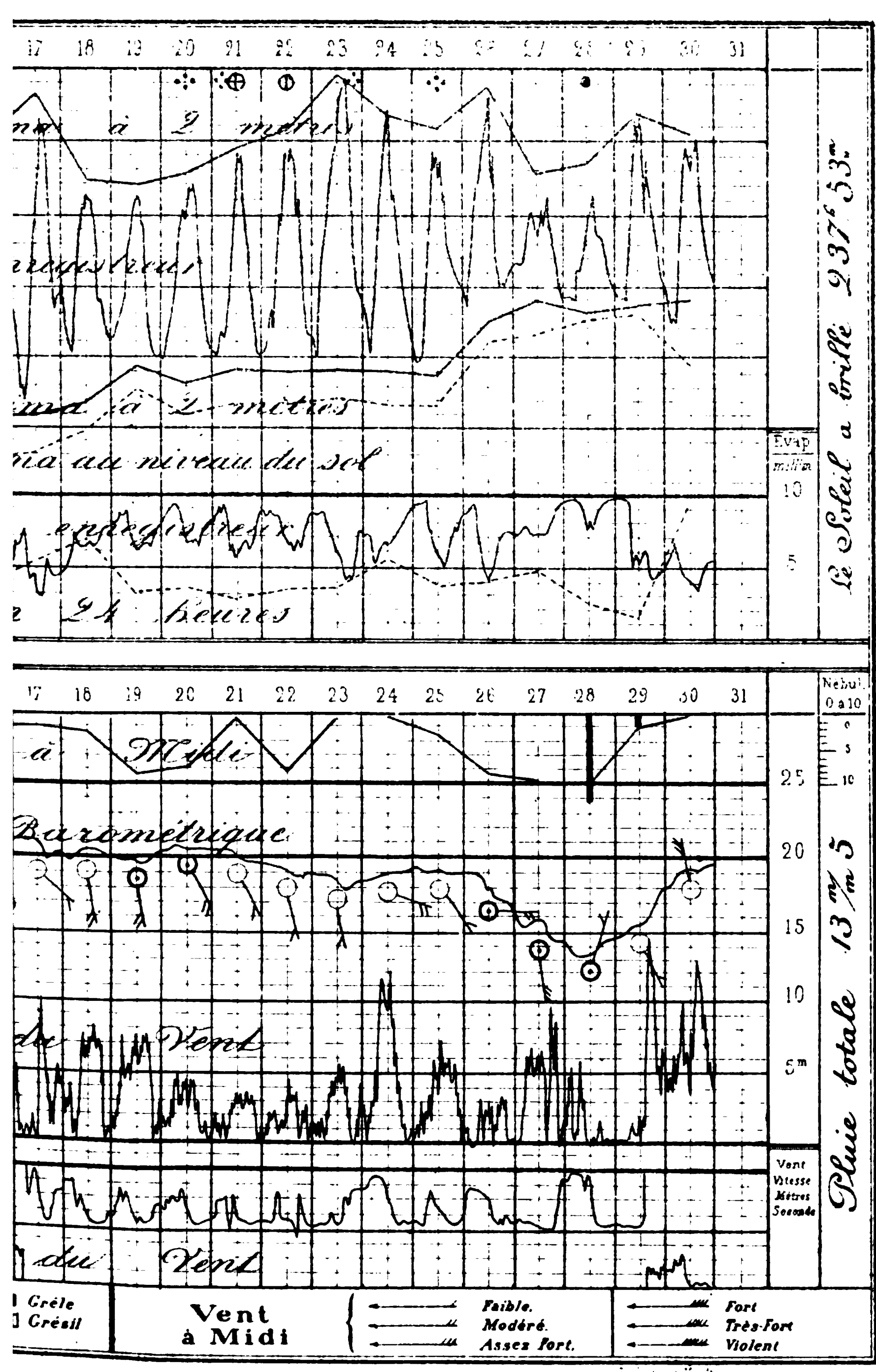
COMMISSION MÉTÉORO

Observatoire de l'École Nationale d'Agriculture de



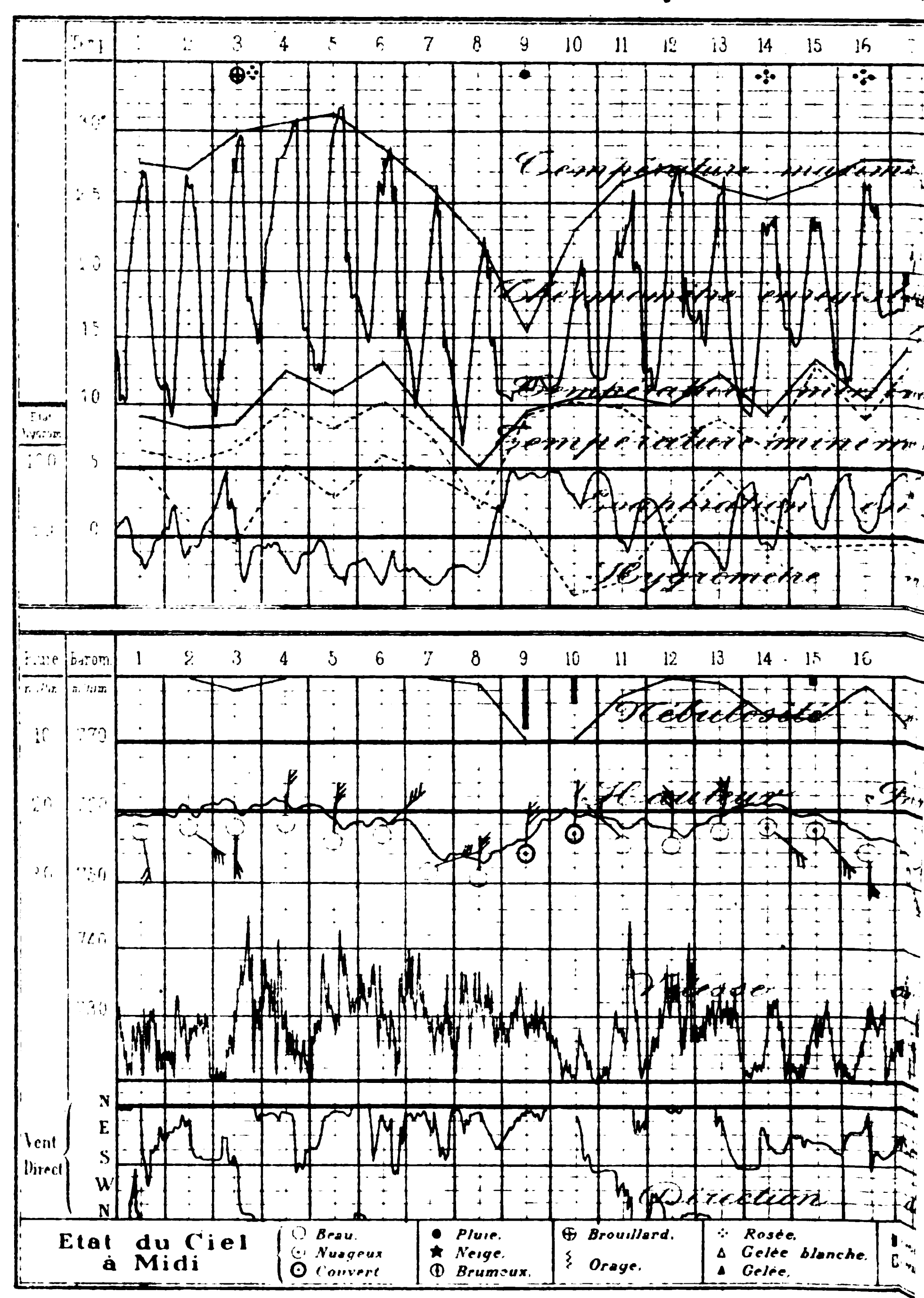
OGIQUE DE L'HÉRAULT

ontpellier. Altitude 45m Mois d'Avril 1893.



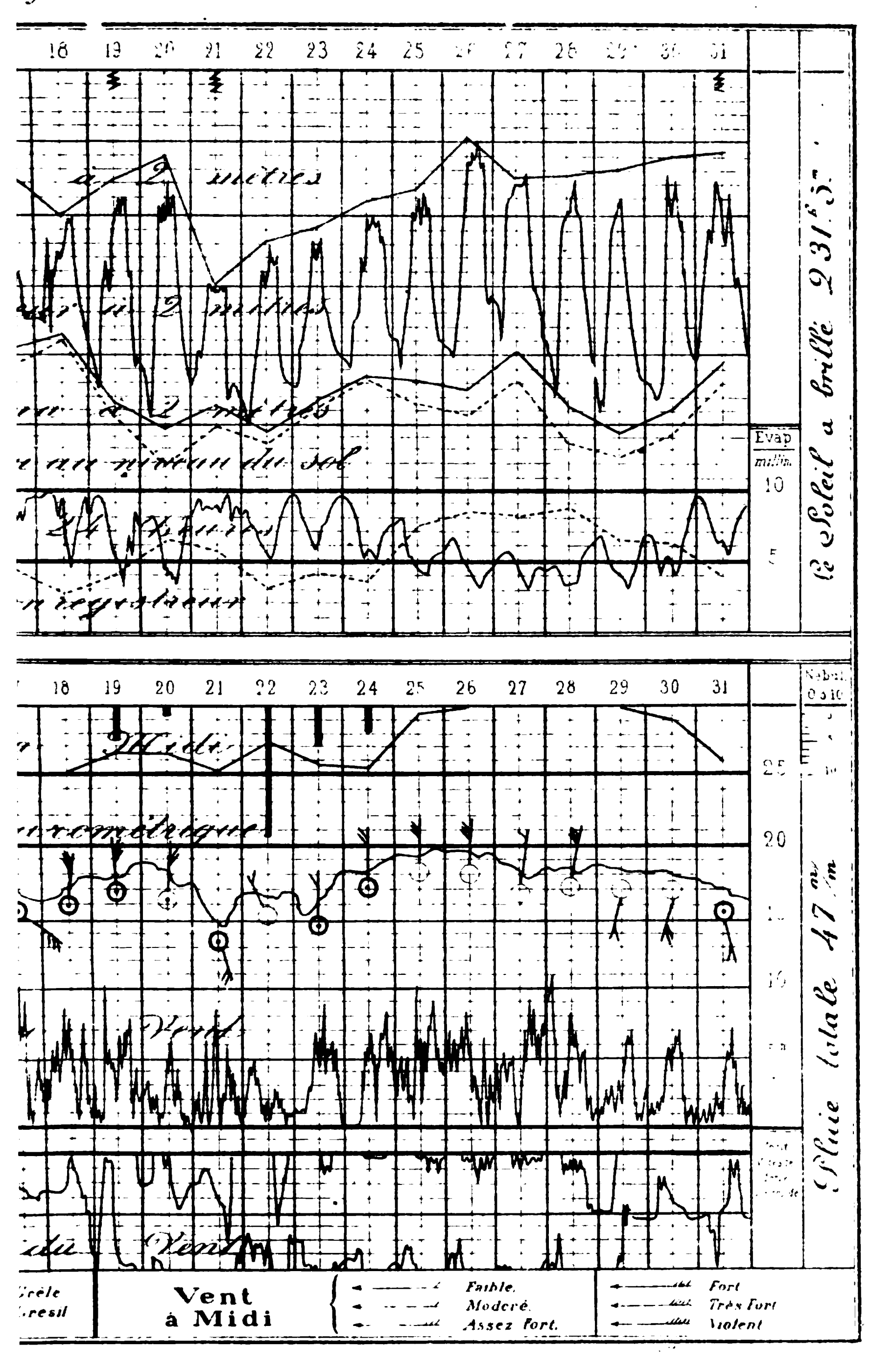
COMMISSION MÉTEOROLO

Observatoire de l'Ecole Nationale d'Agriculture de Mo



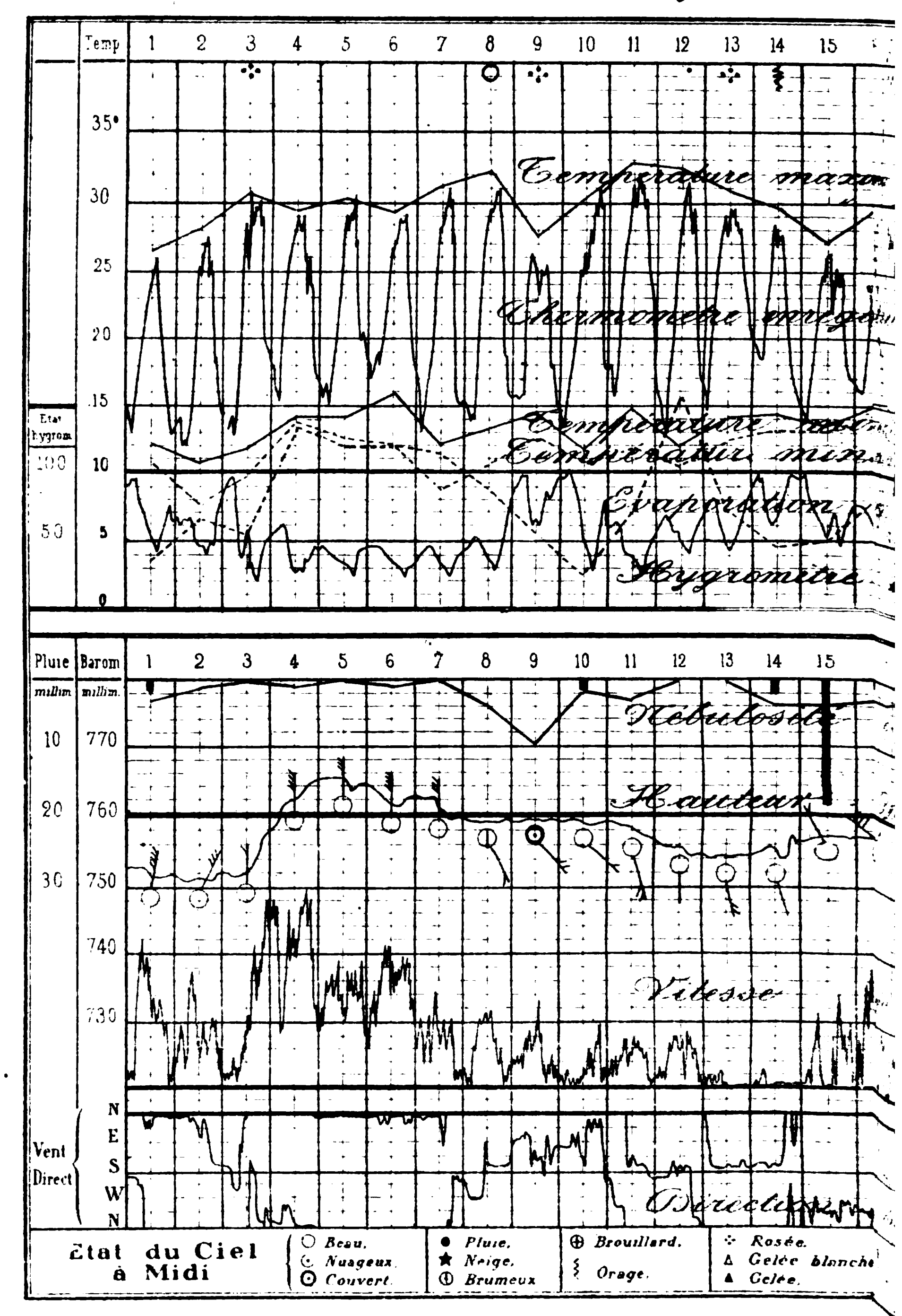
ɔIQUE DE L'HÉRAULT

tpellier. Altitude 45m Mois de Mai 1893.



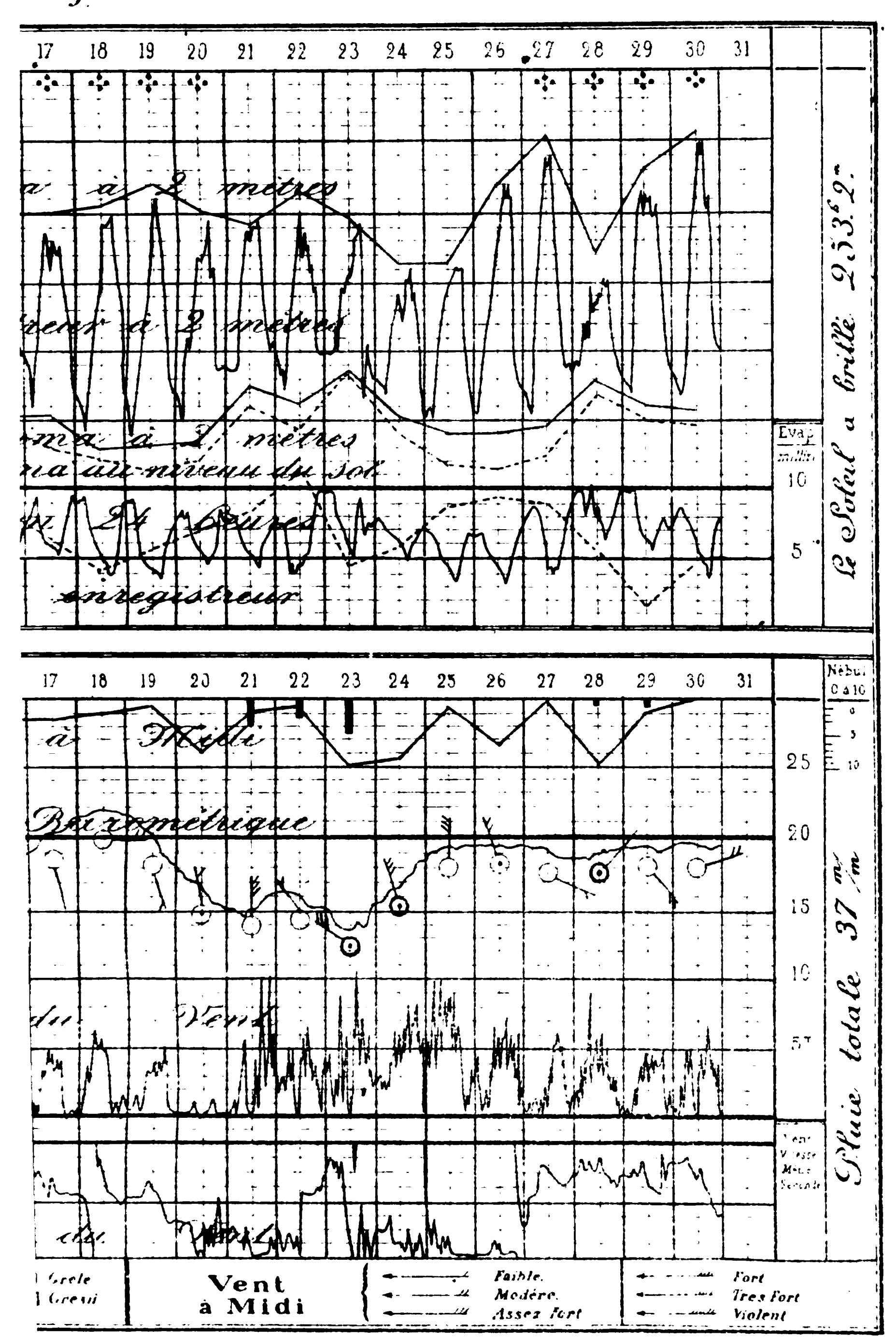
COMMISSION MÉTÉORO

Observatoire de l'Ecole Nationale d'Agriculture de



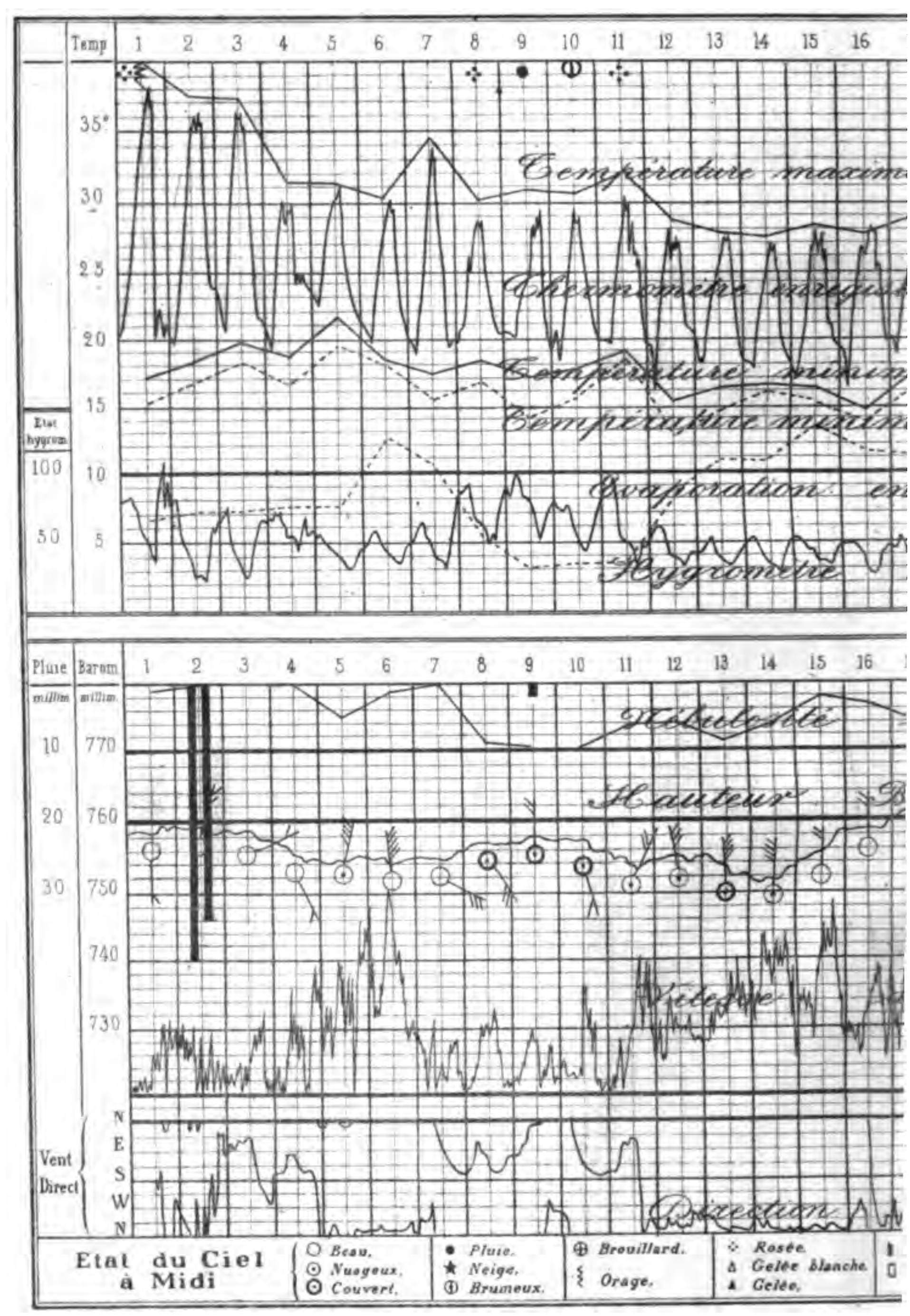
,OGIQUE DE L'HÉRAULT

ontpellier. *Altitude 45m Mois de Juin 1893.*



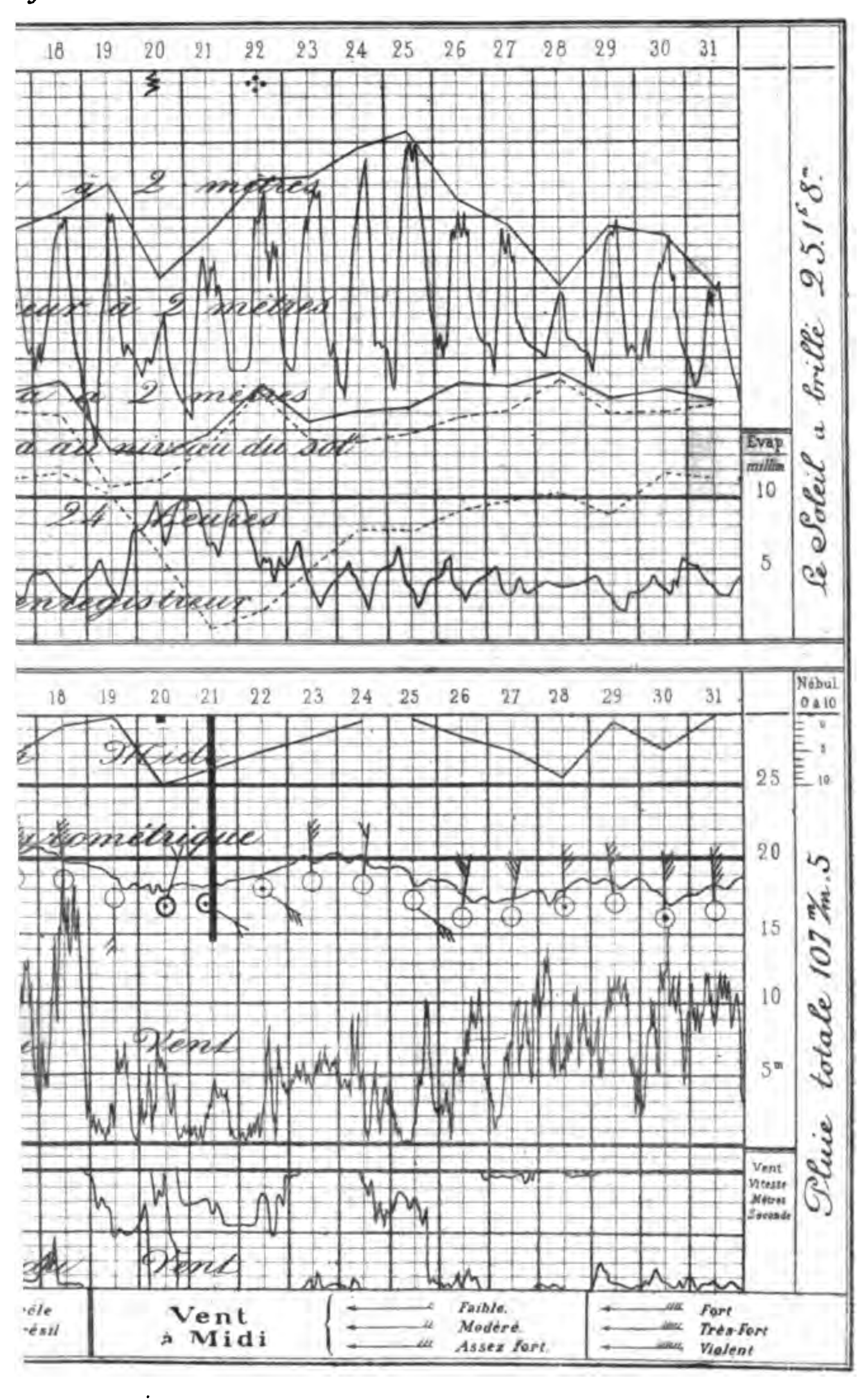
COMMISSION MÉTÉOROLO

Observatoire de l'École Nationale d'Agriculture de Mo



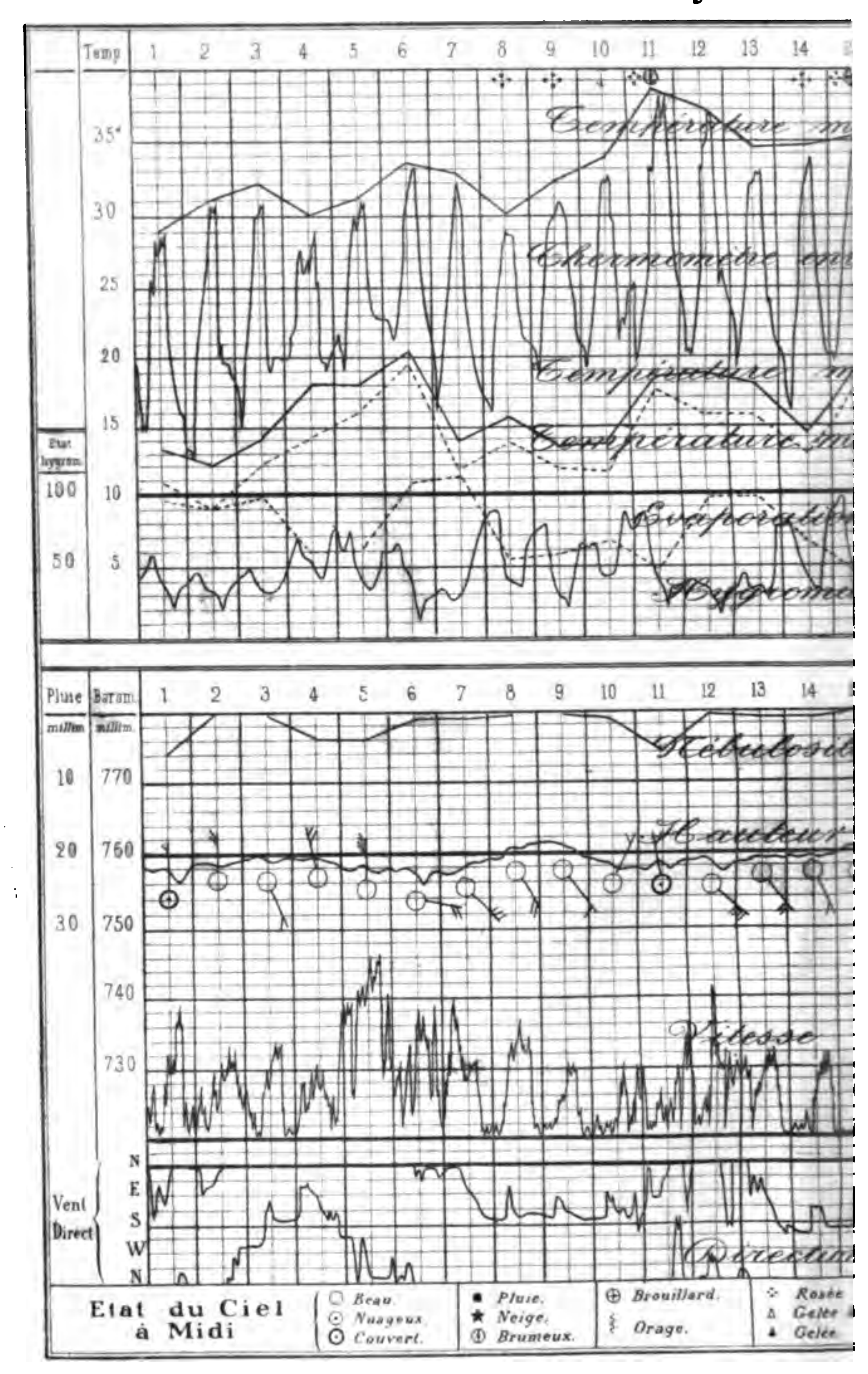
GIQUE DE L'HÉRAULT

..pellier. Altitude 45m Mois de Juillet 1893.



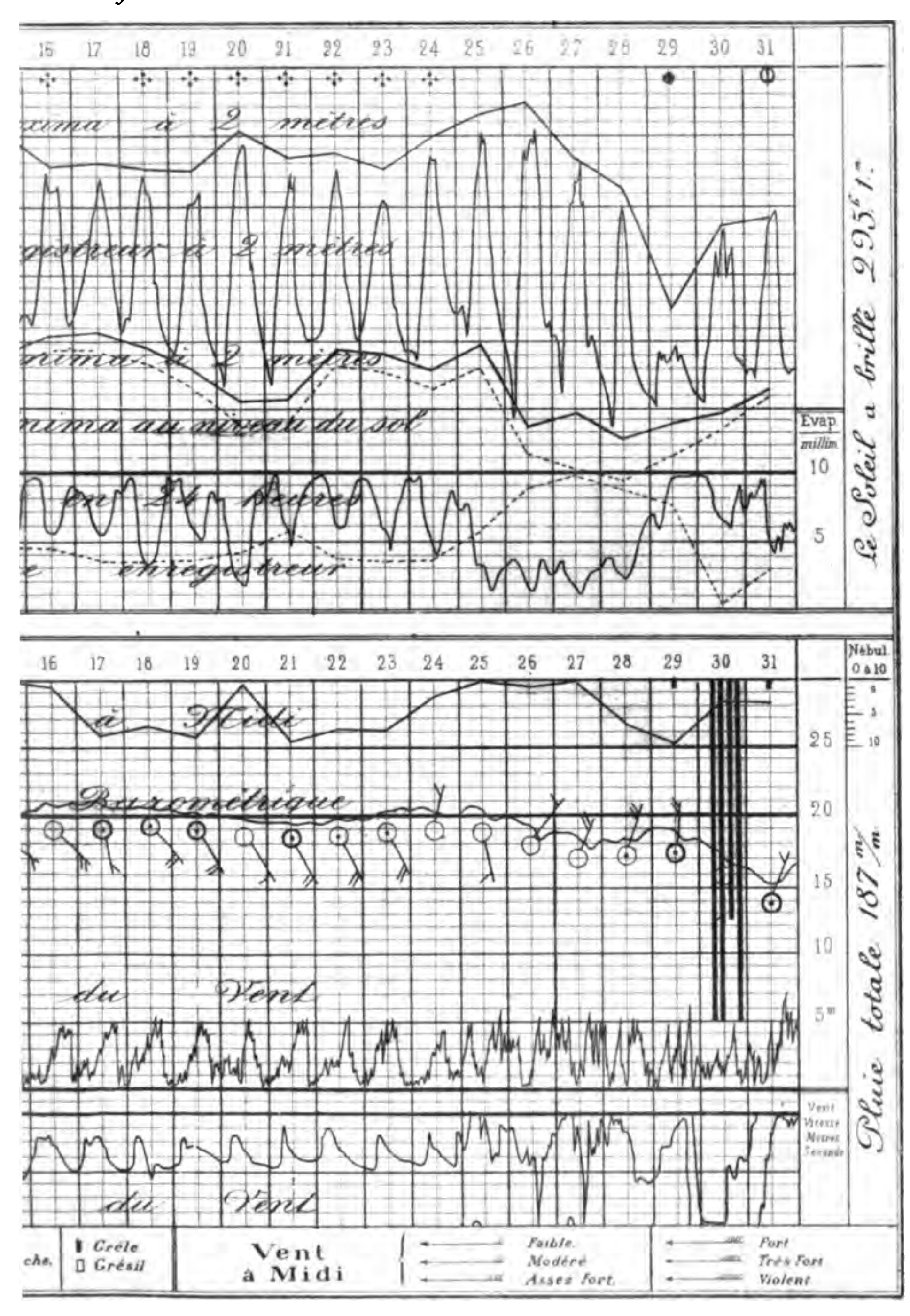
COMMISSION MÉTÉOR

Observatoire de l'Ecole Nationale d'Agriculture



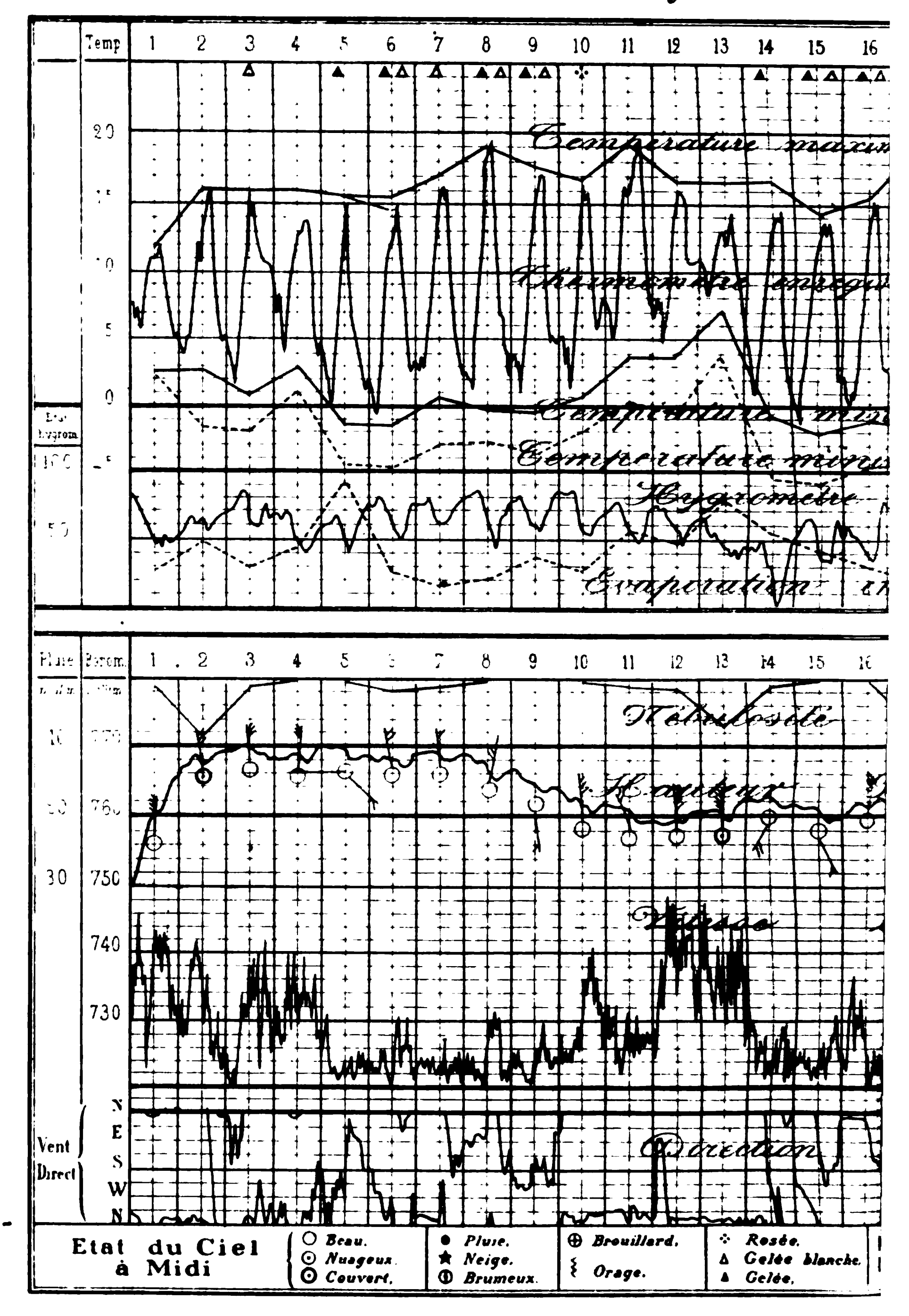
OLOGIQUE DE L'HÉRAULT

e Montpellier. *Altitude 45m Mois d'Août 1893.*



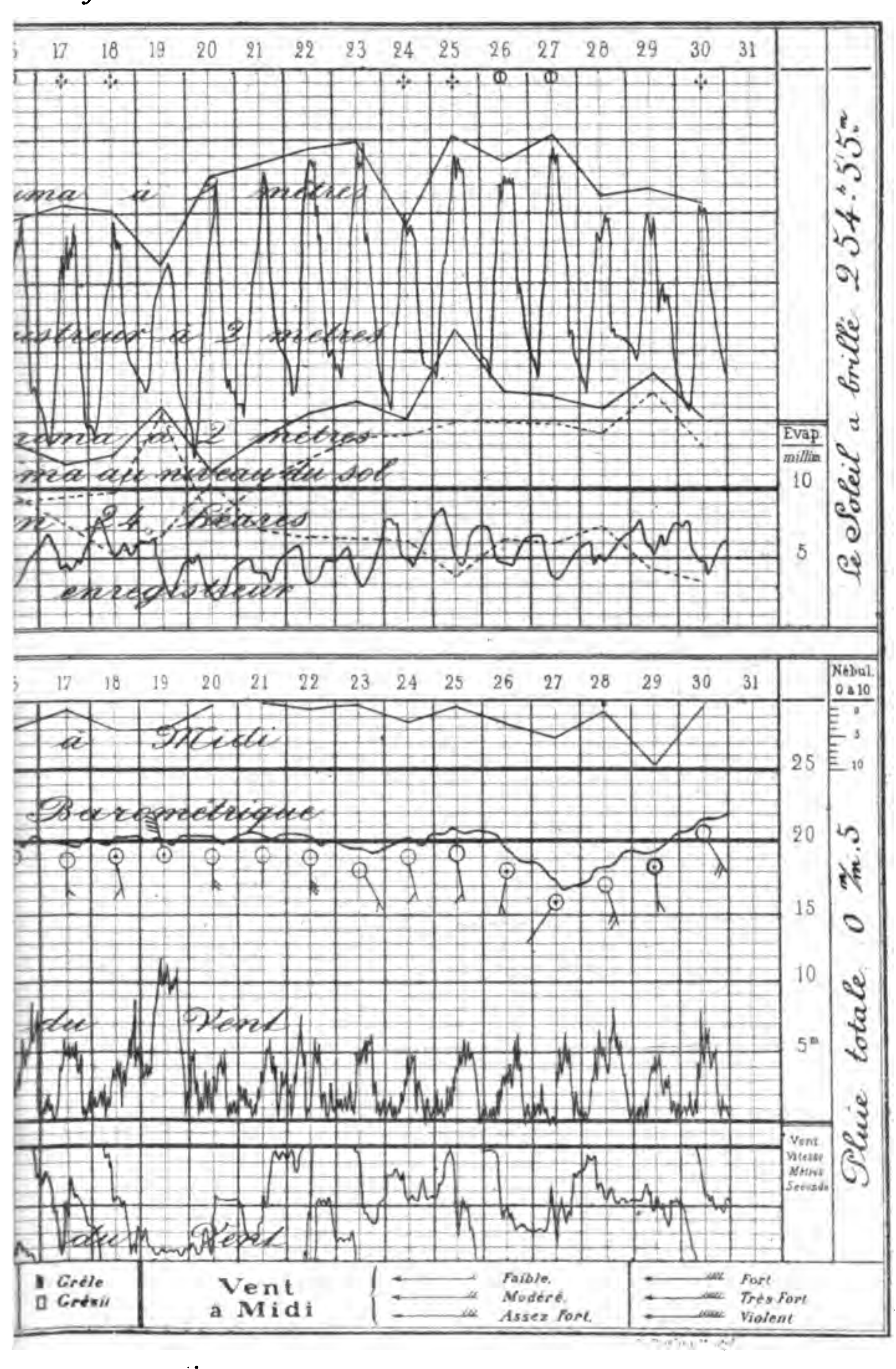
COMMISSION MÉTÉOROL

Observatoire de l'École Nationale d'Agriculture de M



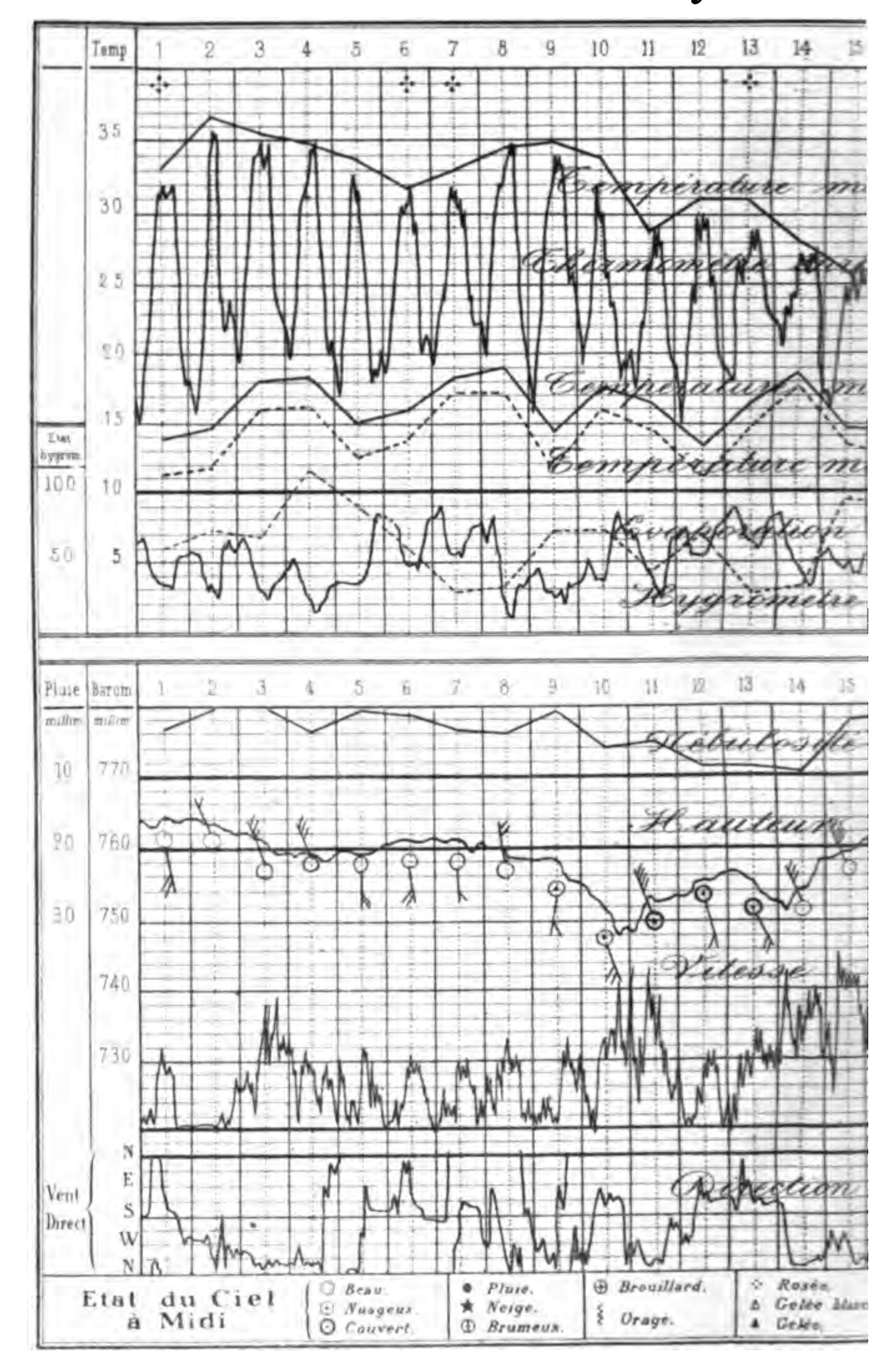
LOGIQUE DE L'HÉRAULT

Montpellier. Altitude 45m. Mois de Juin 1894.



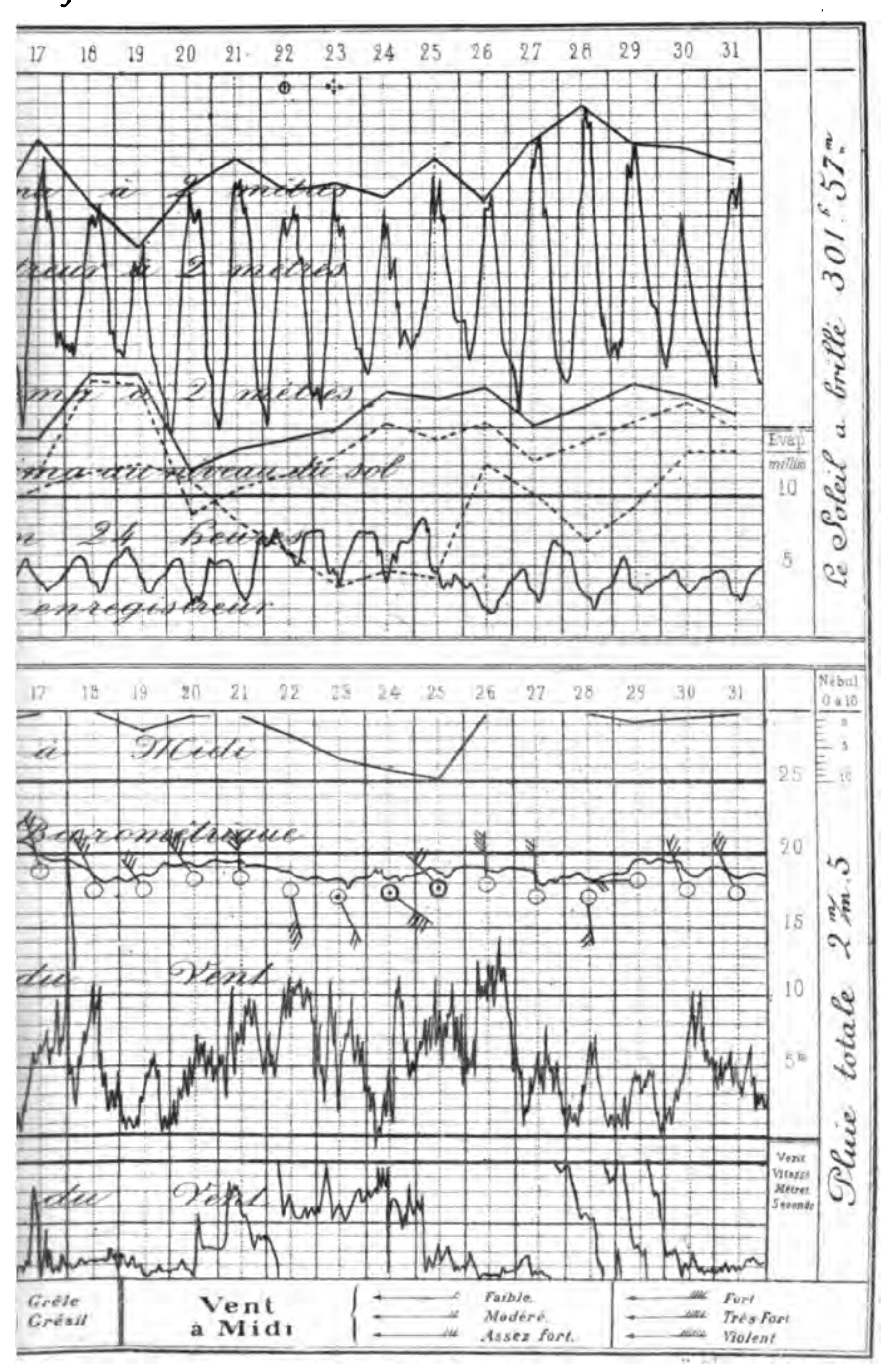
COMMISSION MÉTÉOR

Observatoire de l'École Nationale d'Agriculture



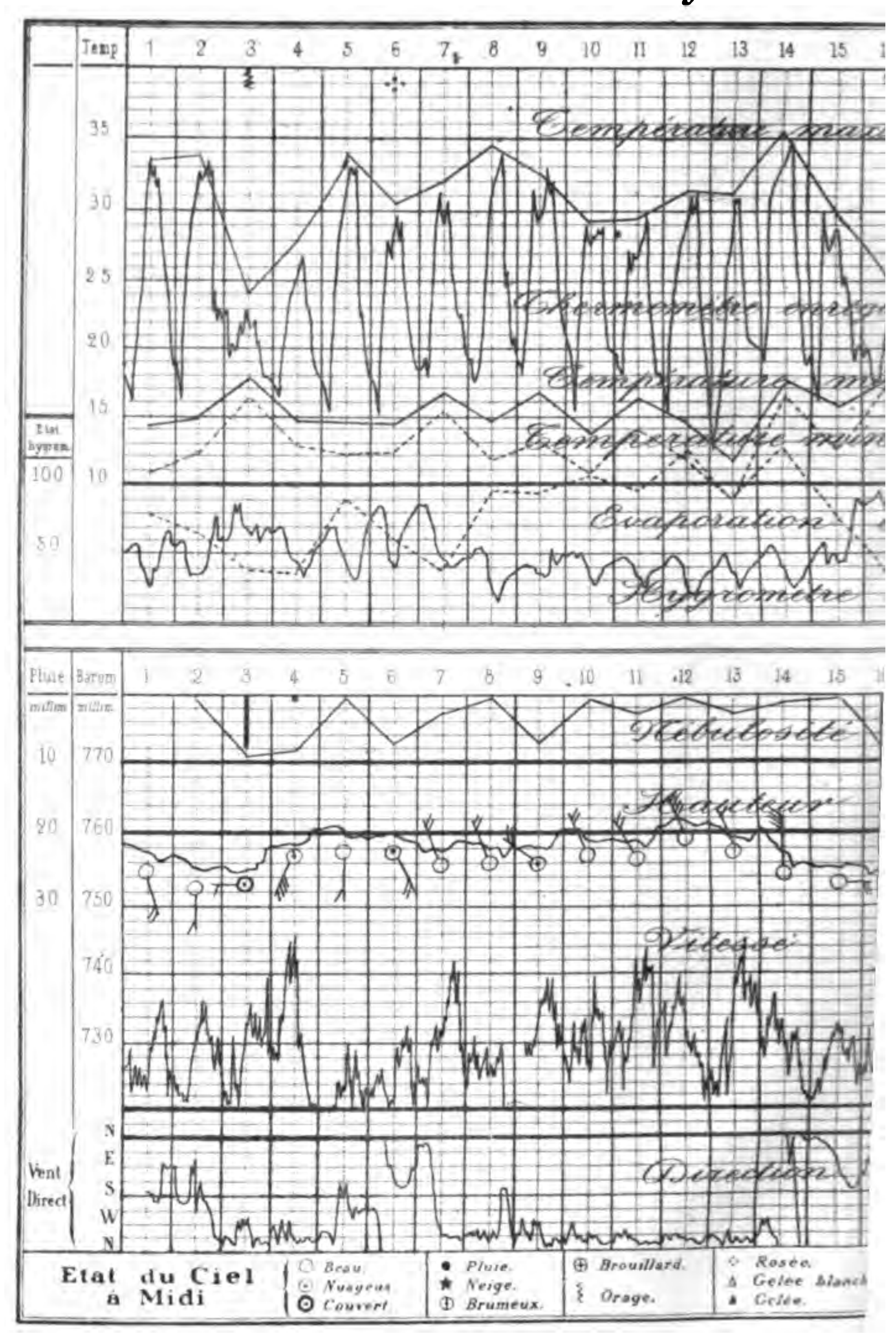
OGIQUE DE L'HÉRAULT

ontpellier. Altitude 45m Mois de Juillet 1894



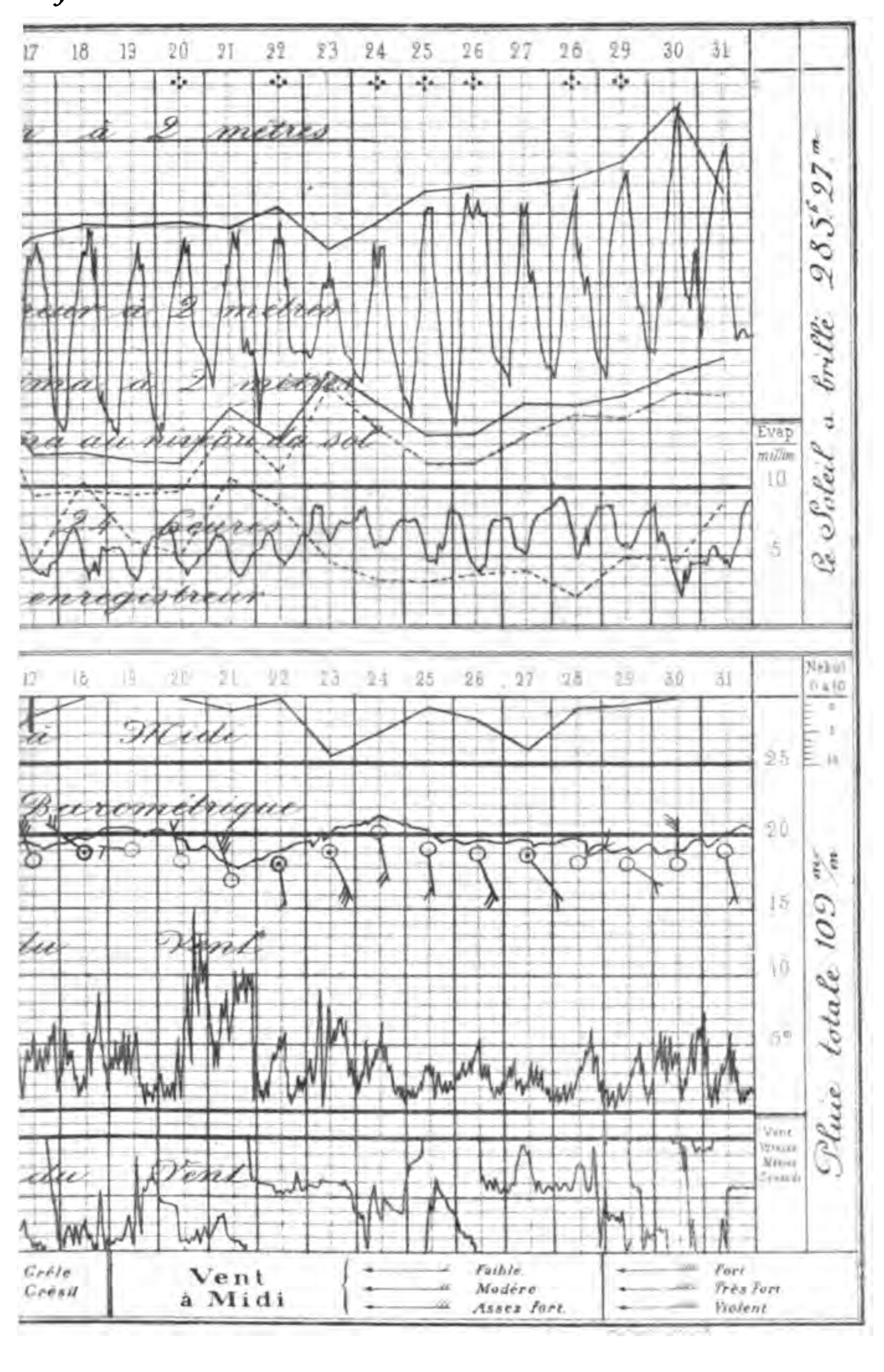
COMMISSION MÉTÉORO

Observatoire de l'École Nationale d'Agriculture de



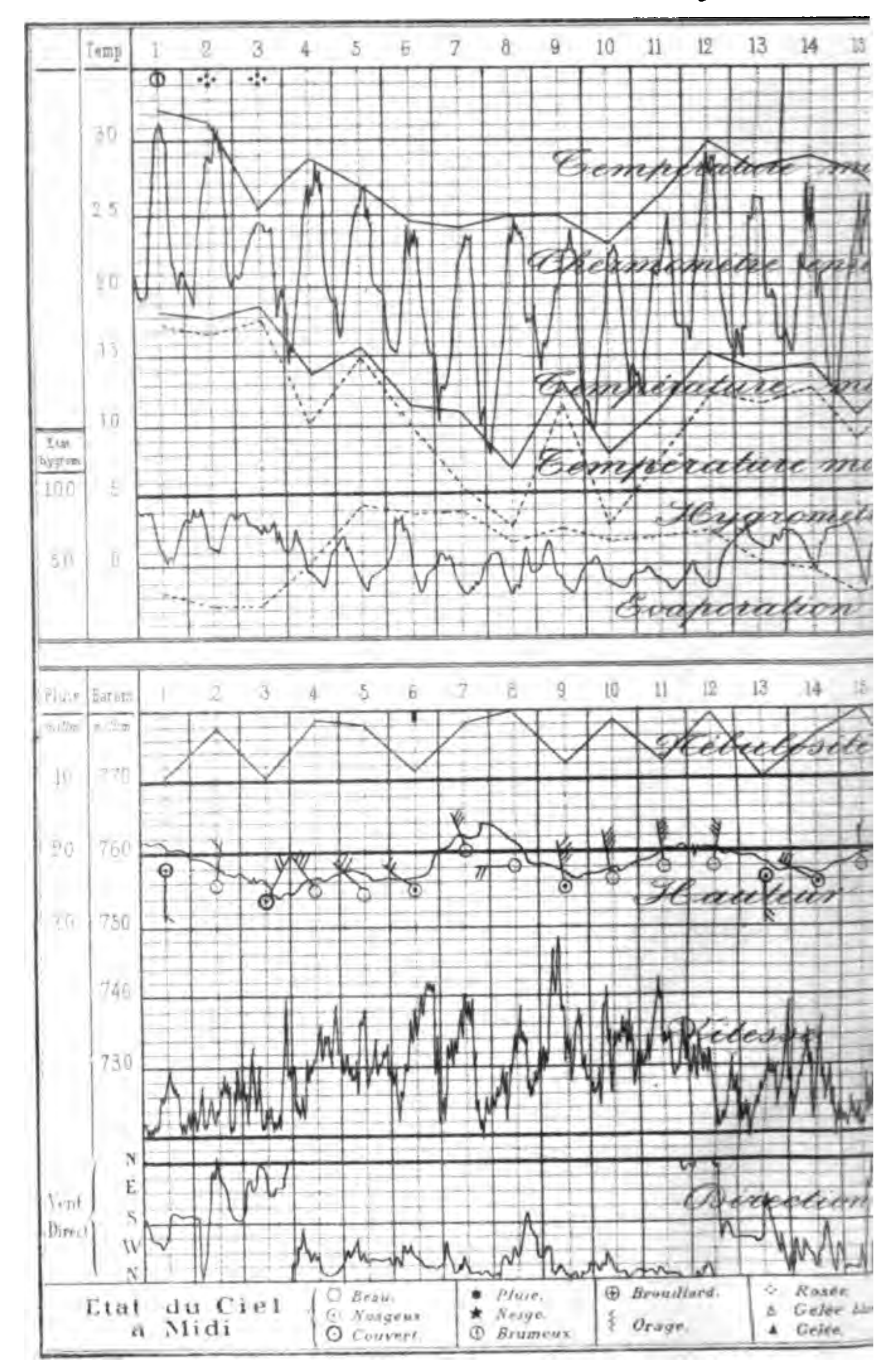
ΟGIQUE DE L'HÉRAULT

ntpellier. Altitude 45m Mois d'Août 1894.



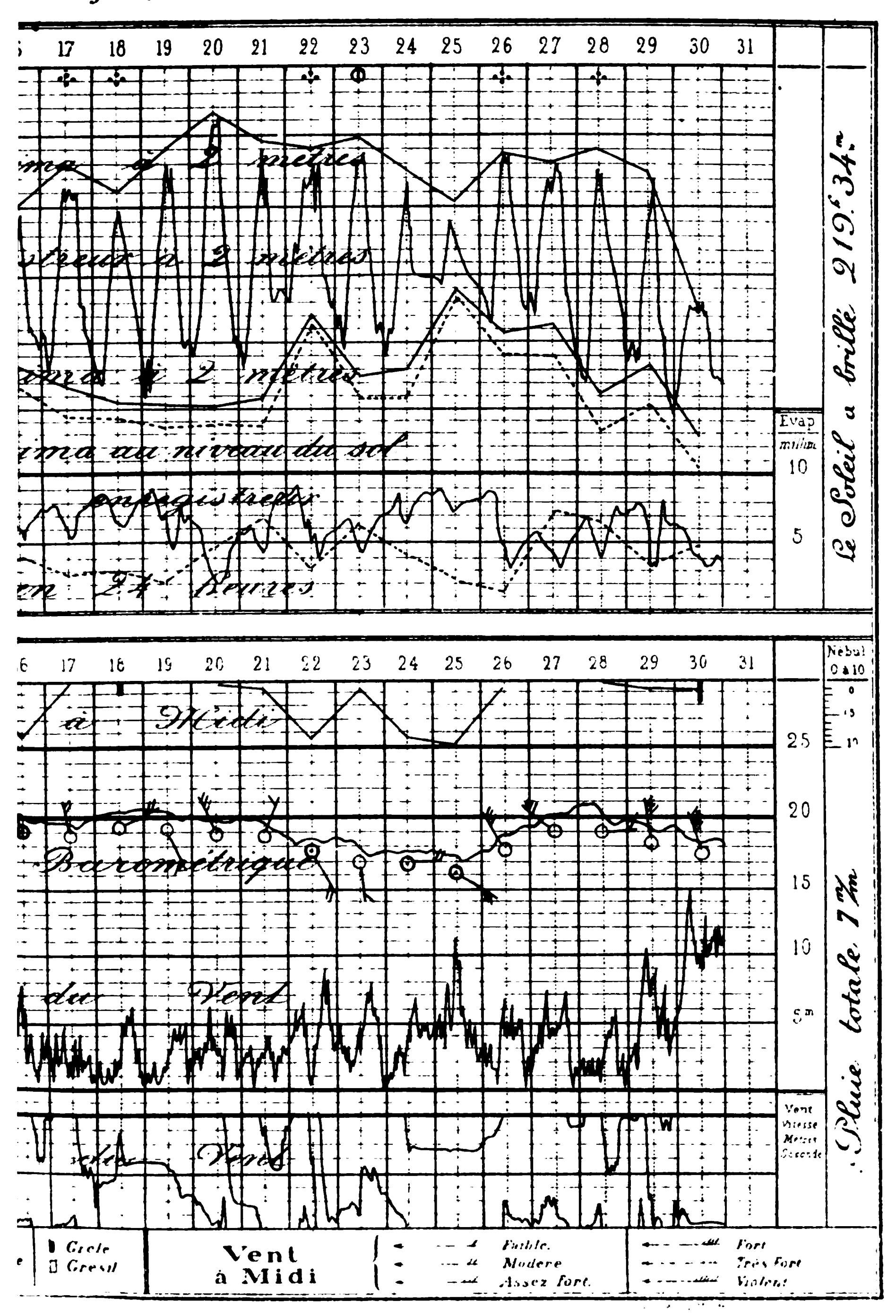
COMMISSION MÉTÉOR

Observatoire de l'École Nationale d'Agriculture d



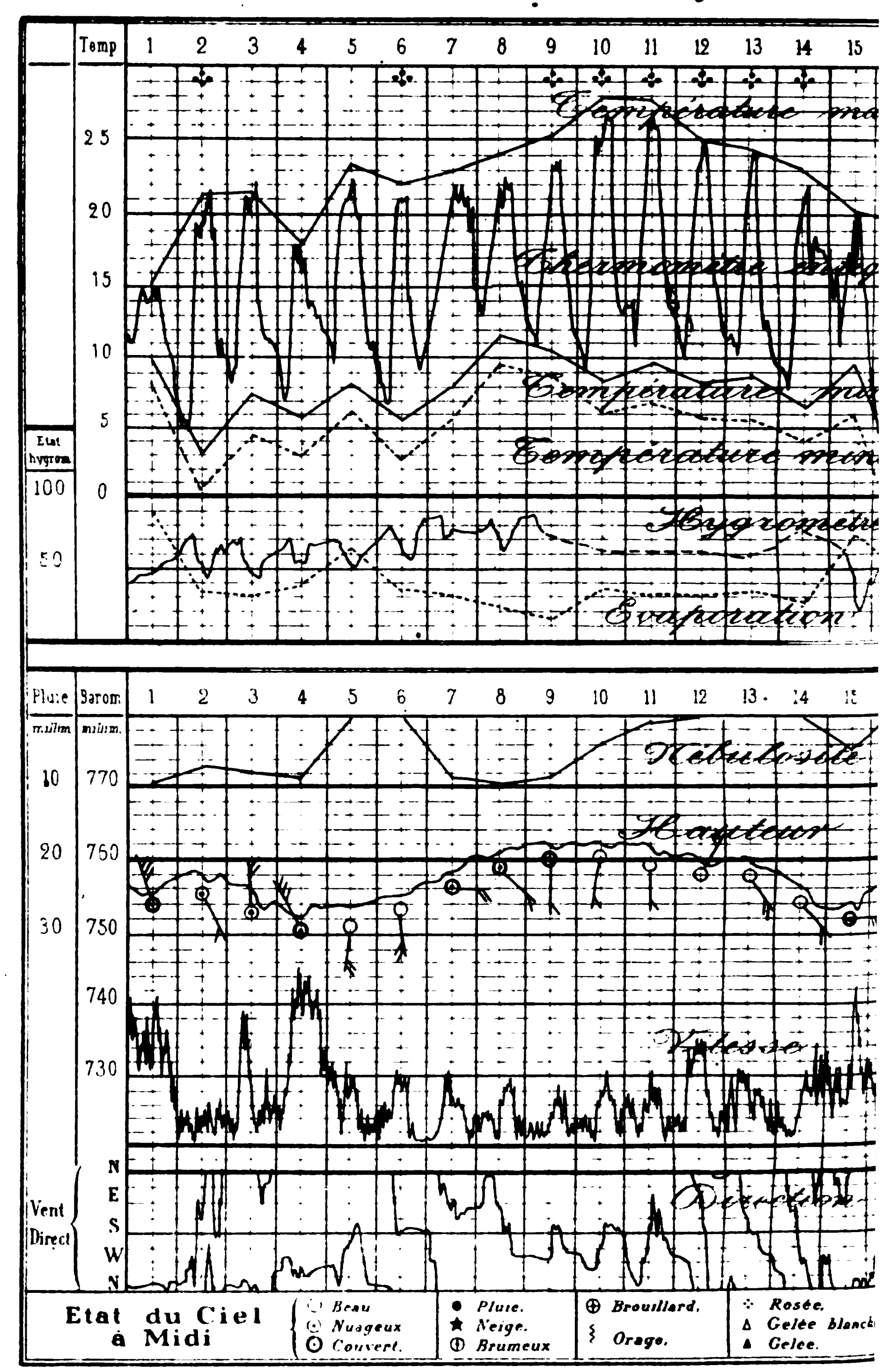
LOGIQUE DE L'HÉRAULT

Montpellier. Altitude 45m Mois de Septembre 1894.



COMMISSION MÉTÉOR

Observatoire de l'École Nationale d'Agriculture de

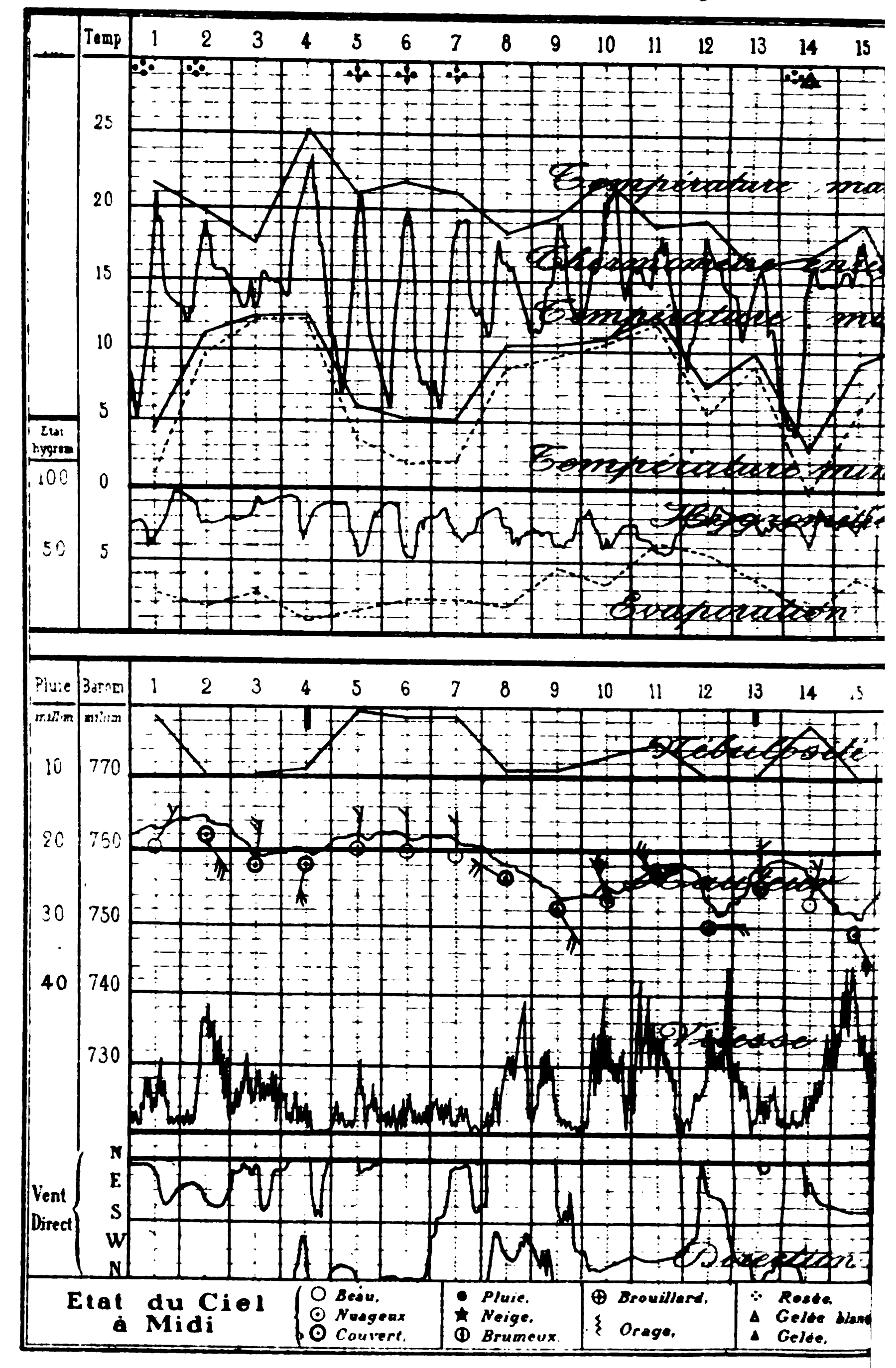


LOGIQUE DE L'HÉRAULT

Montpellier. Altitude 45m. Mois d'Octobre 1894.

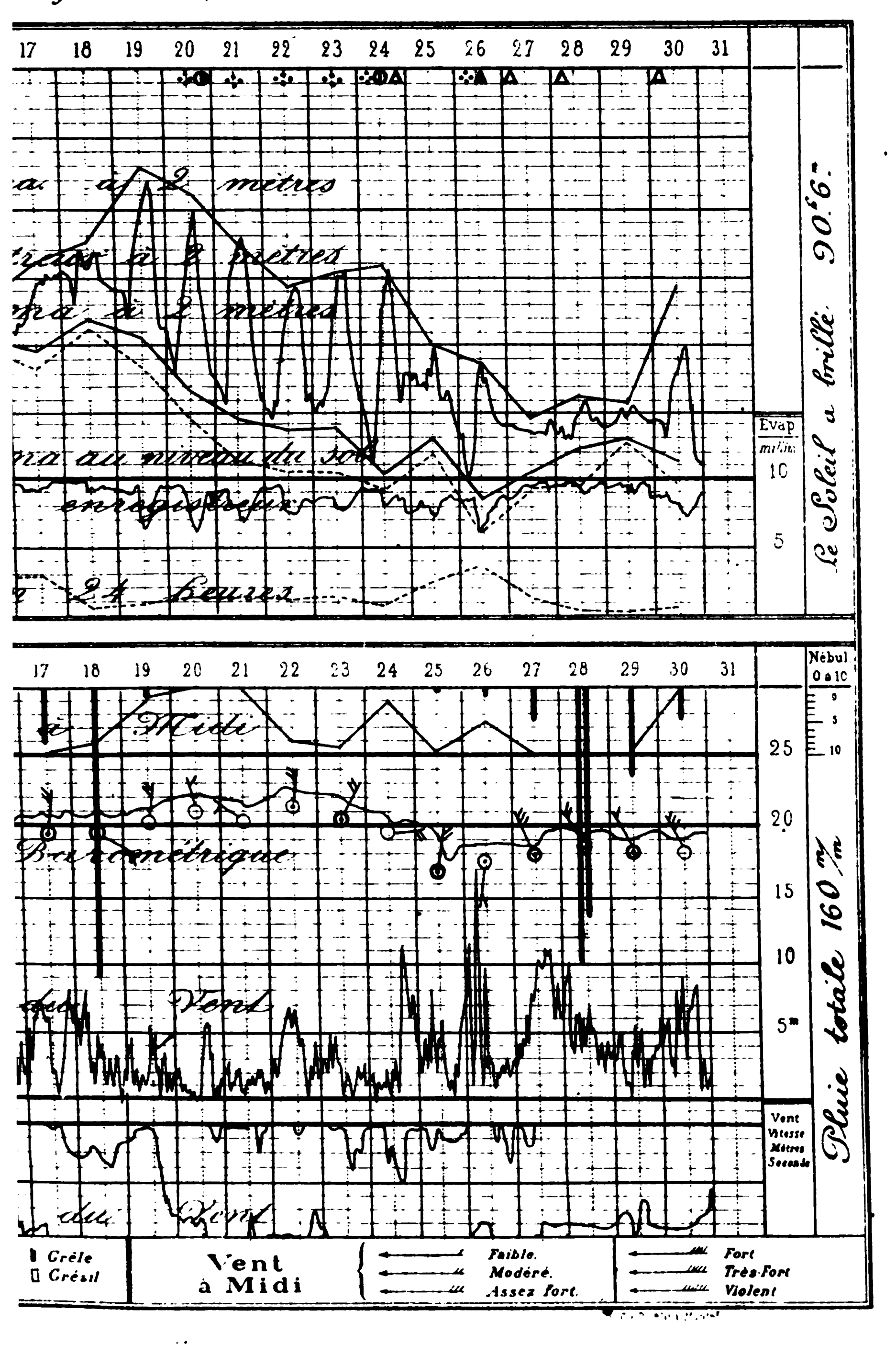
COMMISSION MÉTÉOR

Observatoire de l'École Nationale d'Agriculture d



ƆGIQUE DE L'HÉRAULT

ontpellier. Altitude 45m. Mois de Novembre 1894.




HOLZER

